

日本

生理学

雑誌

JOURNAL OF THE PHYSIOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN

44巻 7号 1982

第60回日本生理学会大会ご案内（第2報）

解説講演

- 富田恒男：ERGの細胞起源241
本田良行：血液ガスと呼吸調節247

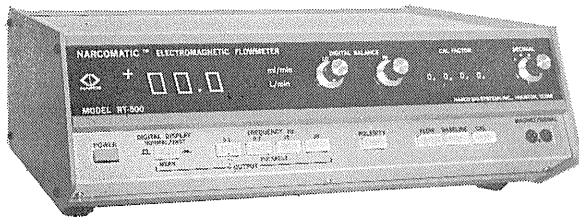
原 著

- 半場道子，永田 晟，室 増男：咀嚼筋放電の quiet period 出現と筋電図周波数
分析 (FFT) について253
- 学会だより 第1回 IBRO 国際会議印象記（伊藤正男，小幡邦彦，永津俊治，
青木 藩，佐藤昭夫）265
- 生理学の広場 会則改正の臨時会費制について269

NASAの技術を導入した未来のフローメーター登場!



NARCOMATIC 電磁血流計



RT-500

米国ナルコ・バイオシステムズ社がRT-400に続き開発したナルコマチックRT-500はこれまでの常識を破る革命的な新型の自動血流計で、ナル調整やゲイン調整は必要ありません。オートマチック・ゼロの特徴により、血管上のプローブが動いてもベースラインの変動はなく、正確且つ迅速な血流測定ができます。

※カタログ等の御請求は本社医用電子課へ

《特長》

- オートマチック・ゼロによりゼロレベルの変動はありません。
- 流量はデジタル表示で直読できます。
- 操作が簡単ですから臨床用として最適です。
- コンパクトで持ち運びに便利です。
- プローブはすべて較正済みで臨床用から研究用まで豊富に用意されています。

日本総代理店



株式会社 **東海医理科**
TOKAI IRIKA CO., LTD.

本社 〒101 東京都千代田区内神田3-2-12クリハラビル ☎(03)254-0052代
札幌(011)752-0176 / 仙台(0222)75-2514 / 金沢(0762)23-4648
名古屋(052)524-5408 / 京都(075)241-3908・9 / 大阪(06)305-6328
広島(0822)93-2163 / 愛媛(0899)21-3015 / 福岡(092)472-3800



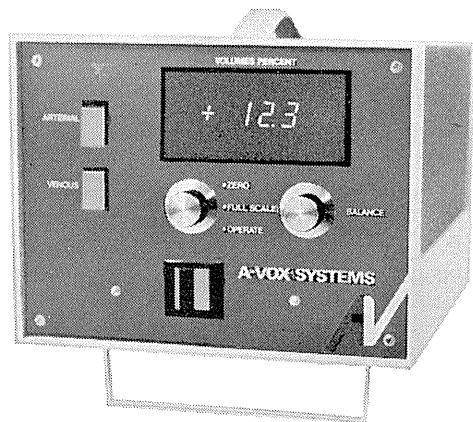
米国A-VOX社製

動静脈間の酸素消費量を連続的にモニター

A-V酸素アナライザー

本装置は、動脈血液と静脈血液間の光学的濃度差を測定することによって、全血がキュベット中に流れる際の動静脈の酸素差(a-vO₂)を測定します。

本装置には、波長660nmの光を使用しており、この酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビンの吸光係数が大きく違います。LED(発光ダイオード)により、フロー・スルーキュベットを照射し、ログリズミック・アンプで直線性のある出力電圧として、デジタルメータにa-vO₂単位(ml O₂/100ml blood)で表示します。



日本総代理店



株式会社 **東海医理科**
TOKAI IRIKA CO., LTD.

本社 〒101 東京都千代田区内神田3-2-12クリハラビル ☎(03)254-0052代
札幌(011)752-0176 / 仙台(0222)75-2514 / 金沢(0762)23-4648
名古屋(052)524-5408 / 京都(075)241-3908・9 / 大阪(06)305-6328
広島(0822)93-2163 / 愛媛(0899)21-3015 / 福岡(092)472-3800

第60回日本生理学会大会案内 (第2報)

第60回日本生理学会大会 (第21回日本医学会総会第3分科会) を次の通り開催します。

当番幹事 中馬 一郎
中山 昭雄
岩間 吉也
河村洋二郎

1. 会 期 昭和58年4月5日(火), 6日(水), 7日(木)

2. 会 場 豊中市待兼山1の1
大阪大学教養部校舎 (電話 06-844-1151)

3. 申込み締切期限
参加・発表の申込み締切期限は, ともに昭和57年11月13日(土) 必着です。

4. 大会参加申込み

- 1) 参加申込みの書類として, 参加申込書 (郵便振替用紙裏面) (A-1), 受取通知書 (A-2), および予稿集郵送用ラベル (A-3) を本号に綴込んであります。必要事項を記入の上, なるべく研究単位ごとにとりまとめて手続きして下さい。ただし, 郵送用ラベルは参加者各個人宛として記入して下さい。綴込みの郵送用ラベルが不足の場合は同形式のものを作り使用して下さい。
- 2) 参加費は6,000円 (予稿集代を含む) です。綴込みの振替用紙 (裏面は参加申込書) を用い, 送金して下さい。

5. 発表申込み

- 1) 演題数は講座または講座に準じる研究単位ごとに3題までとします。
- 2) 発表者は日本生理学会会員, および非会員の場合は会員と連名の方に限ります。非会員で会員との連名発表を希望される方は, 発表申込みと同時に, 必ず臨時会費3,000円を,

日本生理学会事務局

〒113 東京都文京区本郷3-30-10 布施ビル

電話(03)815-1624 振替口座番号 東京3-86430番

に納めて下さい。会員と連名して発表する非会員が外国に在住する場合は、その方の臨時会費は、連名発表の会員が責任をもって、発表申込時に日本生理学会事務局に納めて下さい。

- 3) 綴込みの発表申込書 (B-1), 予稿集抄録用紙 (B-2), 索引用カード (B-3) および連絡書 (B-4) に、別掲の「発表申込書類の記入要領」を参照して必要事項を記入し、生理学会大会事務局あて郵送して下さい。

6. 発表の形式

口演発表のみとします。1題あたり15分(口演12分, 討論3分), スライドプロジェクターは1台, スライドは35mmライカ版10枚以内に制限します。

7. 口演抄録

今大会の口演抄録は、日本生理学雑誌大会号にすべて英文で掲載します。別掲の「発表当日提出書類の記入要領」を参照して、本号綴込みの日生誌大会号英文抄録用紙 (C-1), 索引用氏名カード (C-2), 日生誌大会号用整理カード (C-3) およびJJP用整理カード (C-4) に必要事項を記入の上、発表当日それぞれの会場で受付係に提出して下さい。

8. 写真申込み

- 1) 記念写真代は1,000円です。参加申込書(振替用紙裏面)(A-1)に記入の上、送金して下さい。
- 2) 綴込みの記念写真郵送用ラベル (D-1) に必要事項を記入して、前述の書類(A), (B)とともに郵送して下さい。

9. 懇親会参加申込み

- 1) 懇親会を以下の要領で開催します。
日 時 昭和58年4月6日(水)
会 場 大阪大学石橋地区生協食堂
参加費 3,000円
- 2) 参加希望者は、参加申込書(振替用紙裏面)(A-1)に記入の上、懇親会参加費を送金して下さい。

10. 宿泊申込み

日本交通公社大阪中之島支店に斡旋を委託しましたので、御希望の方は別掲の宿泊案内によって申込んで下さい。

＜綴込書類，提出期限，提出方法の一覧表＞

	書 類 名	提 出 期 限	提 出 方 法
A 大会参加申込み	A-1 参加申込書 (郵便振替用紙)	昭和57年 11月13日 (必着)	払込
	A-2 受取通知書	昭和57年 11月13日 (必着)	郵送
	A-3 予稿集郵送用ラベル		
B 発表申込み	B-1 発表申込書 B-2 予稿集抄録用紙 B-3 索引用カード B-4 連絡書	昭和57年 11月13日 (必着)	郵送
C 発表当日提出書類	C-1 英文抄録用紙 C-2 索引用氏名カード C-3 日生誌大会号用整理カード C-4 JJP用整理カード	発 表 当 日	会場 受付 係へ 手交 のこ と
D 記念写真申込み	D-1 記念写真郵送用ラベル	昭和57年 11月13日 (必着)	郵送

郵送の宛先

〒530 大阪市北区中之島4丁目3-57
 大阪大学医学部 生理学会大会事務局
 (電話 06-443-5531)

発表申込書類の記入要領

発表申込書類として発表申込書 (B-1), 予稿集抄録用紙 (B-2), 索引用カード (B-3), および連絡書 (B-4) が綴込まれています。

発表申込書 (B-1) および予稿集抄録用紙 (B-2)

1) (B-1) の分類記号欄には, 下表より 2 つ選んで第 1 希望を左側に記入して下さい。

1. 研 究 方 法	11. 筋運動とその制御	21. 自 律 神 經 系
2. 分 子 生 理	12. 脳波・誘発電位	22. 循 環 環
3. 細 胞 生 理	13. 行 動・表現 ^(注)	23. 血液・腎・体液調節
4. 能 動 輸 送	14. 神 經 化 学	24. 呼 吸
5. 興 奮 性 膜	15. 視 覚	25. 消 化 吸 収
6. シナプス・終板	16. 聴 覚	26. 内 分 泌・生 殖
7. 脊 髄・末梢神経	17. そ の 他 の 感 覚	27. 運 動・体 力・疲 労
8. 脳 幹・間 脳	18. 骨 格 筋	28. 環 境・エ ネ ル ギ ー 代 謝
9. 小 脳	19. 平 滑 筋	29. 体 温 調 節・発 汗
10. 終 脳	20. 心 筋	30. そ の 他

(注) 睡眠, 条件反射, 学習, 音声などを含む

2) 発表題名, 発表者所属氏名 (非会員で臨時会費納入の方は名前の右肩に※印をつけて下さい) および発表内容の要約を, 発表申込書 (B-1) と予稿集抄録用紙 (B-2) の 2 つに同文で 5 号活字カーボンリボン付き和文タイプで, 枠からはみださないように清打ちして下さい。手書きは受けつけません。

5 号活字 はこの大きさです。

3) 題名欄は, 左端からタイプして下さい。所属氏名欄は 2 行分ありますが, 1 行だけの場合は上の行にタイプして下さい。演者には, アンダーラインをつけて下さい。

本文は打出しを 1 字下げて下さい。

索引用カード (B-3) : 発表者全員の氏名を各葉 1 名ずつふりがなをつけて記入して下さい。数が不足の場合は同形式のものを作り使用して下さい。

連絡書 (B-4) : 演題名, 発表者名を該当欄に記入して下さい。プログラムがきまり次第, 発表日時をお知らせします。

発表当日提出書類の記入要領

日本生理学雑誌大会号英文抄録用紙 (C-1)

用紙の枠内にカーボンリボン付き英文タイプ (シングル・スペース) で清打ちして下さい。この原稿はそのまま写真製版となります。

題名は大文字で、氏名にはアンダーラインを引き、所属住所と本文との間は1行あけて下さい。臨時会費納入者は名前の右肩に※印をつけて下さい。

枠外には絶対は見出さないようご注意願います。

例

EFFECTS OF LOCUS COERULEUS STIMULATION AND NORADRENALINE ON NEURONAL ACTIVITY IN THE RAT SUPERIOR COLLICULUS. KAYAMA, Y., FUKUDA, Y. and IWAMA, K. Dept. of Neurophysiology, Inst. of Higher Nervous Activity, Osaka University Medical School, Kita-ku, Osaka 530

A stimulating electrode was positioned in the locus coeruleus (LC) in urethane-anesthetized rats by the method reported previously (Kayama et al., Neuroscience 7:655-666, 1982). Single neuronal discharges were recorded in the superior colliculus (SC), and effects upon them of repetitive electrical stimulation of LC were investigated. The spontaneous discharges as well as the visual responses were depressed in about 2/3 of the visual layer neurons (N=73). Facilitation was seen in about 1/6. The neurons excited by LC stimulation were relatively more numerous in the deep, non-visual layer. In some of the visual layer neurons the visual response was made more conspicuous by LC stimulation. This was chiefly because the background discharge was more severely depressed than the visual response. These effects of electrical stimulation of LC upon neuronal discharges of SC were well mimicked by iontophoretic application of noradrenaline.

索引用氏名カード (C-2)

次の例に従ってご記入下さい。

例

KAYAMA, Y.	FUKUDA, Y.	IWAMA, K.	
※	※	※	※

※ 欄は記入しないで下さい。

日生誌大会号用整理カード (C-3)

和文題名、氏名、所属を下の例のように記入して下さい。手書きでも結構ですが楷書でお願いします。臨時会費納入者の名前には右肩に※印をつけて下さい。

例

ラット上丘ニューロン活動に対する青斑核刺激およびノルアドレナリンの効果. 香山雪彦, 福田 淳, 岩間吉也 (阪大医, 高次神経研, 神経生理)

JJP 用整理カード (C-4)

英文題名、氏名、所属住所を下の例のように記入して下さい。臨時会費納入者の名前には右肩に※印をつけて下さい。

例

Effects of locus coeruleus stimulation and noradrenaline on neuronal activity in the rat superior colliculus. Kayama, Y., Fukuda, Y. and Iwama, K. (Dept. Neurophysiol., Inst. Higher Nerv. Act., Osaka Univ. Med. Sch., Kita-ku, Osaka 530)

郵便番号 _____

郵便番号 _____

住所 _____

住所 _____

氏名 _____

氏名 _____

きりとり線

(A-2) 受取通知書

内に必要事項をご記入願います

研究単位名

大会発表申込書	部	円
予稿集抄録原稿	各	円
連絡書	枚	円
索引用カード	枚	円
郵送用ラベル	枚	円
大会参加費	名	円
記念写真代	名	円
懇親会参加費	名	円
合計		円

上記確かに受領しました

昭和 年 月 日

第60回日本生理学会大会事務局

〒530 大阪市北区中之島 4-3-57
 大阪大学医学部内
 電話 06-443-5531
 内線 275

参加申込
受付番号

(裏面に宛名を明記して
切手をはって下さい)

きりとり線

(B-4) 連絡書

枠内にご記入願います

演題名	
発表者	

お申込みの上記発表に関し次のように決定しました

日 時: _____

発表申込
受付番号

第60回日本生理学会大会事務局

〒530 大阪市北区中之島 4-3-57
 大阪大学医学部内
 電話 06-443-5531
 内線 275

(裏面に宛名を明記して切手をはって下さい)

郵便はがき

□□□□-□□

切手
貼付のこと

郵便はがき

□□□□-□□

切手
貼付のこと

分類記号

--	--	--	--	--

--	--

書 込 申 表 (B-1) 発 行

題 名		
所 氏	属 名	
本 文		

きりとり線

紙 用 集 稿 予 (B-2)

題 名		
所 氏	属 名	
本 文		

きりとり線

ド ー カ 用 引 索 (B-3)

ふりがな	
氏 名	

--	--	--	--	--

ふりがな	
氏 名	

--	--	--	--	--

きりとり線

ふりがな	
氏 名	

--	--	--	--	--

ふりがな	
氏 名	

--	--	--	--	--

(C-1) 日生誌大会号英文抄録用紙

--

※ 分 類	
※ 番 号	

※欄には記入しない
こと

.....キ.....リ.....ト.....J.....線.....

(C-2) 索引用氏名カード(ローマ字)

※		※		※		※	
---	--	---	--	---	--	---	--

※欄には記入しないこと

(C-3) 日生誌大会号用整理カード(和文)

分 類 ※	番 号 ※
-------------	-------------

※欄には記入しないこと

-----線-----

(C-4) JJP用整理カード(英文)

分 類 ※	番 号 ※
-------------	-------------

※欄には記入しないこと

第60回日本生理学会大会宿泊ご案内

日本生理学会大会（昭和58年4月5日から7日まで）の前後には、大阪地区で日本医学会総会ならびに他の分科会の大会が開催され、20,000人以上の参加が見込まれております。つきましては是非お早目に宿舎を確保されますようおすすめします。

日本生理学会大会と日本医学会総会との宿泊につきましては、日本交通公社・大阪中之島支店が一切を担当致しますので、下記の要領で別掲の用紙により早急にお申込み下さいますようお願い致します。

日本交通公社大阪中之島支店

1. 宿泊申込みおよび問い合わせ先

〒530 大阪市北区中之島3丁目2の4

日本交通公社大阪中之島支店

日本生理学会大会係 担当：清水，今川，高見

電話：06-203-3701・0319

2. お申込み方法

- イ. 宿泊申し込み受付期間；昭和57年7月1日～12月末日
- ロ. お申し込み方法；別掲申し込み書に必要事項をご記入の上、申し込み予約金を添えて必ず現金書留にてお申し込み下さい。申し込み書および予約金を確認できましたら折り返し「宿泊予約確認書」を送り、お申し込み事項を確認させていただきます。
- ハ. お申し込み予約金；お1人1泊につき金3,000円です。残額はホテルのチェックアウト時に精算して頂きます。
- ニ. 別掲のように、特A・A・B・Cの4クラスにわけ、ご希望に合わせお手配致します。ホテル割り振りは受付順と致します。
- ホ. 通信連絡費；宿泊人数、日数にかかわらず1件につき金500円申し受けます。これにつきましては、取消しの場合でも返金いたしかねます。悪しからずご諒承下さい。

3. ホテルのクラス別

イ. 特Aクラス

ロイヤルホテル ホテルプラザ

ロ. Aクラス

大阪グランドホテル 新阪急ホテル ホテル阪神 東洋ホテル 大阪東急ホテルなど

ハ. Bクラス

大阪キャスルホテル 梅田OSホテル 大阪チャンピオンホテル 大阪第一ホテルなど

ニ. Cクラス (ビジネスホテルクラス)

ホテルNCB ホテル南海 大阪グリーンホテルなど

4. 宿泊費用

以下の宿泊費用は昭和57年4月現在のものです。費用は1泊朝食税金サービス料込の1人当たりの金額です。将来改訂される場合がありますのでお含みおき下さい。

	SSタイプ(一人部屋一人使用)	TTタイプ(二人部屋二人使用)
特Aクラス	12,500円 ~ 20,500円	12,000円 ~ 15,500円
Aクラス	9,500 ~ 15,000	8,500 ~ 12,000
Bクラス	6,000 ~ 10,000	5,700 ~ 9,000
Cクラス	5,100 ~ 7,000	4,700 ~ 6,500

日本生理学会大会・日本医学会総会

宿泊申込み用紙

昭和57年 月 日

日本交通公社大阪中之島支店宛

〒530 大阪市北区中之島3-2-4

担当；清水，今川，高見 TEL；06-203-3701・0319

	(ふりがな) 氏名	性別	部屋割 組合せ	ホテル クラス	宿 泊 希 望 日										申込み金 @ 3,000 ×泊数	備 考 欄	
					4/2	4/3	4/4	4/5	4/6	4/7	4/8	4/9	4/10	/			
例	大 阪 太 郎	男)	特A	T S	T T	T T	T T	T T	T S						18,000	
	大 阪 花 子	女		"			T T	T T	T T	T T	/						12,000
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
	通 信 費															500	
	合 計																
	通 信 欄																

記入上の注意

- 日本生理学会大会に引き続き，日本医学会総会にご参加の方は，この宿泊申し込み書に連続してご記入下さい。
- 日付の下には，以下にあげる4つの部屋割形態でご記入下さい。
 S S ; 1人部屋1人使用，T S ; 2人部屋1人使用
 T T ; 2人部屋2人使用，T R ; 3人部屋3人使用
- ホテルクラス (特A・A・B・Cの4ランク)，各該当ホテルは前頁参照。
- 部屋割組み合わせも忘れずにご記入下さい。

所 属

住 所

電 話

代表者氏名

印

きりりと線

ERG の 細胞 起 源

聖マリアンナ医科大学第一生理学教室
富 田 恒 男

I. 緒 言

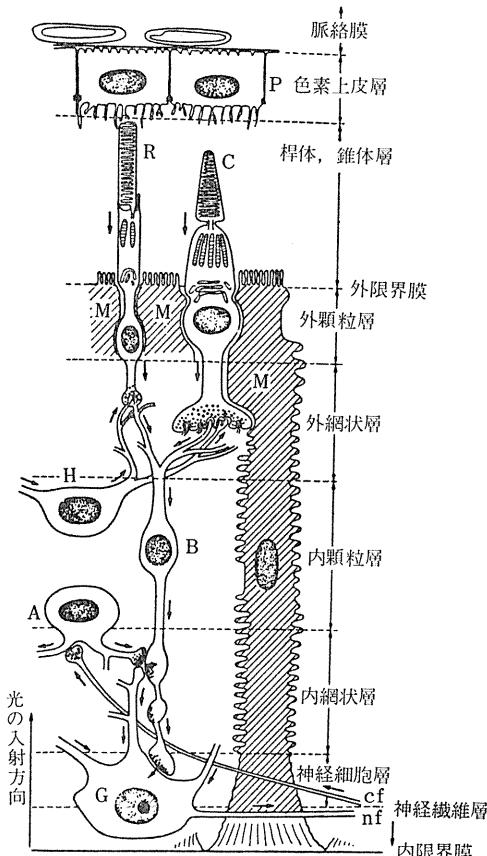
網膜電図(ERG)は Holmgren(1865)による発見以来、網膜機序を知る上の有力な示標として重用され、また広く研究されてきたが、1960年代に至って個々の網膜細胞からの細胞内記録が可能となって以来、研究者の関心はこの直接法に集中、mass response である ERG はそれだけ疎んぜられる形となった。しかし最近になっ

て ERG の構成要素の多くがニューロン自体よりもむしろグリア細胞やグリア類似細胞(色素上皮細胞を意味する)から出ていることが確実視されるようになって ERG は再び研究者の注目するところとなった。これは Kuffler 一派の研究⁹⁾でグリア細胞膜が K^+ に対して特に高い選択的透過性をもっていて、ニューロン活動に伴う $[K^+]_o$ の変動に対して優れた K^+ 電極の如く振舞うということが明らかにされ、グリアのこの性質が ERG の成因解明にまで適用されるに至ったためである。網膜グリアの主体は Müller 細胞で、内外両限界膜間を縦走している(第1図参照)。以下 ERG 各波の発生源に関する研究の現状を述べるが、最初に ERG の模式図(第2図実線)で ERG 各波の名称を示しておく。なお第2図には示していないがc-波と全く同一の経過をとり(ただし振幅はc-波よりも小さい)、極性だけがc-波と正反対の slow P III と呼ばれる ERG 要素がある。また第2図破線の2曲線はそれぞれ cone および rod の光応答波形の模式図である。

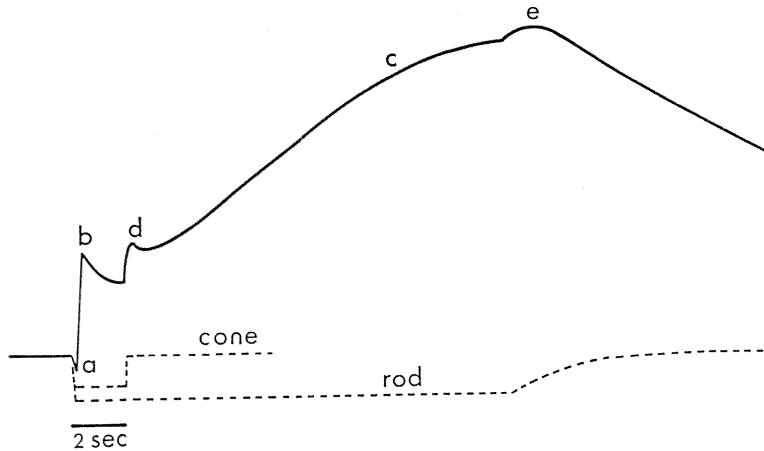
II. a-波

a-波は Granit の要素分析⁷⁾に基く P III の初期相に相当する。視細胞の光応答電位(distal P III)と視細胞層よりも上位の網膜層に由来する proximal P III との複合電位である¹³⁾。

ここでa-波と関連して錐体と桿体の光応答の特徴について一言する。第2図に模式的に示した如く、錐体電位は光の off で速かに基線に戻る(rapid decay)が、桿体電位の off での戻りは緩やかである(slow decay)。また特に興味ある点は錐体電位が光刺激強度に対して amplitude-graded であるのに対して、桿体はその高い光感度のために弱い光でもその応答は容易に飽和し、さらに光を強めると応答の持続時間が増大



第1図 網膜の構成模式図(山田²⁵⁾。P:色素上皮細胞, R:桿体, C:錐体, M:Müller細胞, H:水平細胞, B:双極細胞, A:無軸索細胞, G:視神経細胞, cf:遠心性神経線維, nf:視神経線維



第2図 カエル暗順応網膜における ERG 波(実線)の名称と、錐体および桿体の光応答波形(破線)の模式図。

することである。すなわち桿体の刺激強度に対する応答は duration-graded である。もっとも錐体と桿体の上記の違いは質的なものではなく量的であり、錐体でも応答が飽和する以上の強刺激に対しては off 後の基線への戻りが次第に遅れる²⁾。

Ⅲ. b-波

Granit の P II に相当する波である。微小電極による ERG の depth recording の結果から、かつては b-波の発生源は双極細胞らしいと推測されたが、今日では Müller 細胞がその主たる発生源であることがわかっている。Müller 細胞がグリアで、したがって $[K^+]_o$ の変化に敏感に反応するであろうことは十分に推測されるところで、Faber⁴⁾はこの可能性から b-波の Müller 細胞説を提唱、続いて Miller と Dowling¹¹⁾は mudpuppy の Müller 細胞内記録に成功して b-波の鏡像に近い波形の脱分極を観察、Faber の Müller 細胞説を支持した。当時 $[K^+]_o$ の直接測定法は未だ開発されていなかったが、Miller らは b-波が角膜側正の波であることから、Müller 細胞を脱分極させるための $[K^+]_o$ の増加は Müller 細胞の末梢側の外網状層付近であろうと予言した。しかしその後間もなく K^+ に対して高い選択的透過性をもつレジンを

Corning #477317 として開発され、これを電極先端につめて作った K^+ 電極を用いての網膜内 $[K^+]_o$ の直接測定の結果は¹⁶⁾²²⁾、視細胞層よりも上位網膜層で $[K^+]_o$ の増加の最も顕著な部位は外網状層ではなくて内網状層付近であり、しかもこの $[K^+]_o$ の変化は b-波に較べて緩慢であることがわかった。これらの成績はにわかに Müller 細胞説を支持しにくいことを示唆するものであるが、これに対して Kline ら⁸⁾と Dick ら³⁾は、 $[K^+]_o$ の主たる増加部位が内網状層付近であることを追試によって確認した反面、別に外網状層の深さから潜時の短かく経過の速い $[K^+]_o$ の増加を検出しえたと報告、Kline ら⁸⁾は b-波の成因を次の如く説明している。すなわち Müller 細胞の両端近くの 2 箇所が生ずる $[K^+]_o$ の増加に基づく Müller 細胞の脱分極効果を Müller 細胞の両端においた一対の電極で細胞外記録を行えば両脱分極波形の差に相当する電位変化が記録されるはずで、したがってその時間経過は速い(これが b-波)のに対して、Müller 細胞内で記録されるのは両脱分極波形の和であるべきで、したがって経過も緩やかであるのは当然と説く。このことは理論的には一応肯定できるとしても次の 2 点で支障が生ずる。その第 1 は上記した外網状層付近での $[K^+]_o$ の増加はその有無さえ問われる程の、あっても

極めて僅微な増加に止まるものであることであり、またその第2は Müller 細胞外の両端で記録される電位が2箇所 $[K^+]_o$ の増加による効果の差とはならず和となるという事実が次のようなわれわれ⁵⁾²⁶⁾の実験で明らかとなったことによる。

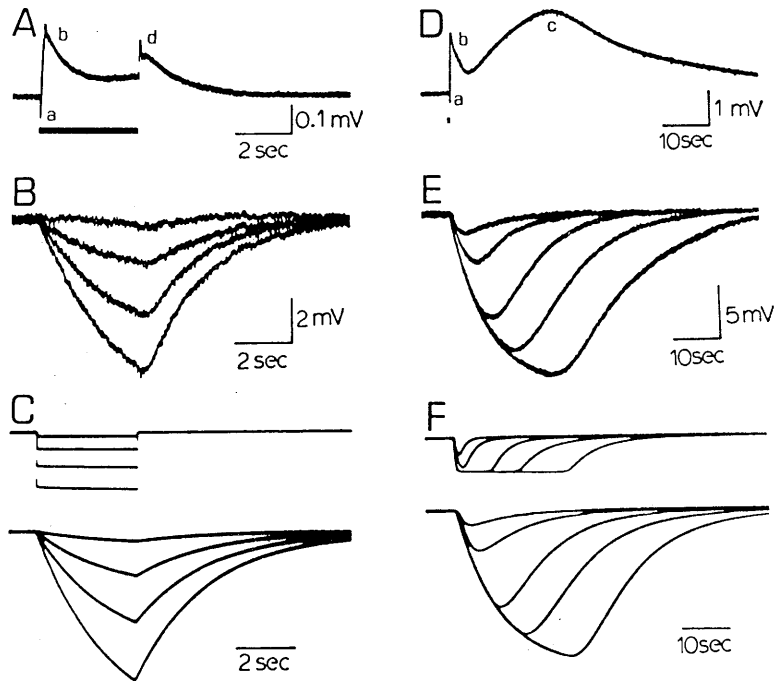
われわれは $[K^+]_o$ の増加を光で誘発する代りに極めて少量の K^+ を1本または2本の微小電極から網膜内の種々の深さに注入してその周辺に現われる電位分布を測定、その結果 Müller 細胞のどこもが一樣に K^+ に対する高い透過性をもっているわけではなく、高い透過性部位は内限界膜付近に偏在していることがわかった。そしてこのような高い K^+ 透過性部位の偏在のために、網膜内のどのような2箇所 $[K^+]_o$ の増加がおこっても Müller 細胞の脱分極だけを考えたのでは b-波相当の電位分布を再現することは不可能であることを知った。そして b-波の成因に Müller 細胞の大きな寄与は認めるとしてもそれだけで b-波を完全に理解すること

は不可能で、やはり Müller 細胞のほかにも双極細胞のようなニューロンの電気応答も加わった総合として b-波を理解する以外にないとの考えに到達した。われわれのこの結論は最近もっと広汎綿密な ERG 分析を行った Vogel²⁴⁾の研究結果とも結論的に一致している。

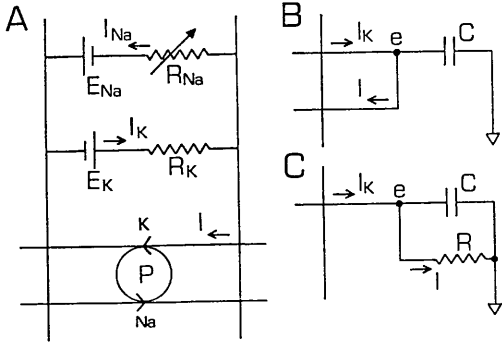
IV. c-波と slow PIII

1. c-波

c-波が桿体の活動に特有であることは古くから知られている。近年 Steinberg ら²¹⁾はネコの色素上皮細胞内から c-波と時間経過の全く等しい過分極を観察、また Oakley ら¹⁸⁾はカエルの視細胞層内にセットした K^+ 電極でこれまた c-波と全く経過の等しい $[K^+]_o$ の減少を記録、こうして c-波が桿体の光応答に伴う $[K^+]_o$ の減少に対する色素上皮細胞の K^+ 電極としての応答にはかならず、かつてその起源を色素上皮に求めた Noell(1954)¹⁵⁾の説を確認する結果となった。



第3図 c-波の成因に関する一連の研究記録(Tomita ら²³⁾). A~C: カメ, D~F: カエル (本文参照).



第4図 錐体、桿体のイオン機構を示す電氣的等価回路 (Tomita ら²³⁾) (本文参照)。

c-波はその時間経過が極めて緩徐であることが特徴で、十分に暗順応したカエルの網膜では短時間の光刺激の後 15sec 以上もかかってピークに達することも稀でない。第3図Dは持続0.3secの刺激光による暗順応カエル眼のERGで、c-波は約15secでピークに達している。同図Eは視細胞層内へ K⁺ 電極をセットし、0.3 secの刺激光を閾値の近く (log 単位で-5) から 1 log のステップで-1 log まで強めたとき、各ステップで記録された K⁺ 電位の変化を重ね焼きして示したもので、-1 log のときの [K⁺]₀ のピークが同じ強さの光刺激でえられた同図Dのc-波のピークとほぼ一致している。

第4図Aはわれわれの視細胞膜の光応答イオン機構²⁰⁾に能動輸送機構Pを付加した模式図で、図の左側が細胞内、右側が細胞外である。図から

$$I_{Na} = I_K = \frac{E_{Na} + E_K}{R_{Na} + R_K} \dots\dots\dots(1)$$

が成立し、定常状態では I_{Na} も I_K も P による K⁺ の能動的内向流 I と等しいはずである。光で R_{Na} が増加すると(1)式の分母が大きくなる結果 I_{Na} も I_K も減少するが、それに対するポンプPの応答にある程度の遅れを仮定すればPはこの遅れの期間中 K⁺ を細胞の外から内へ運び続けるために [K⁺]₀ の減少が生ずる。

以上がc-波の成因となる視細胞層内の光に伴う [K⁺]₀ の減少の理由であるが、ここに2つの疑問が提起される。その1つは何故にc-波が桿

体に特有であるかという点であり、その2は何故にc-波が光照射の終わった後もしばらく上昇を続けるかという点である。元来第4図Aのイオン機構モデルはわれわれが錐体桿体の両者を用いた実験に基いて作ったもので、したがって両者に共通でなければならない。上記の疑問を解く目的でわれわれ¹⁰⁾は錐体が優勢なカメの網膜を用い、K⁺ 電極を視細胞層内にセットする代わりに色素上皮細胞内電極で [K⁺]₀ の変化の間接的測定を試みた。第4図Bはこうした記録であって、持続 3.5 sec の刺激光を -3 log から 0 log まで 1 log のステップで強めて得られた記録の重ね焼きである。この記録から明らかなのは、錐体網膜でも光刺激によって視細胞層の [K⁺]₀ が減少する点において桿体網膜におけると同様であるが、その時間経過はc-波より遙かに速く、光照射の開始とともに指数函数的な減少を、そして照射の終了とともに指数函数的な回復を示すということ、この図の例では指数函数的変化の時定数は約 2.5 sec である。光の照射時間を 3.5 sec よりも短かくすると照射中の [K⁺]₀ の減少経過は 3.5 sec のときと全く同じであるが、照射終了と同時に指数函数的な回復が始まるので振幅は照射時間の短縮とともに小となる。このことは錐体では光刺激によっておこる [K⁺]₀ の減少が小さくてその時間経過が速いためにはかの ERG 波の中に埋没した形となり、独立したc-波としては見分けにくいことを示している。

第4図に戻って同図Aにおける K⁺ の移動だけに着目するとAはBへ、そしてさらにCへと変換できる。この変換の理論は省略するが、興味ある方は Tomita ら²³⁾を参照されたい。第4図Cは I_K (視細胞電位に比例する電流) を矢印方向に流すと e が指数函数的変化 (その時定数は RC) を示すような回路で、これを用いて光応答に伴う [K⁺]₀ の変化を e の変化として simulate することができる。第3図CとFの上段はIIで述べた錐体と桿体の異った刺激光強度に対する応答の特徴をそれぞれ模式化した波形の電流 I_K を、また第3図CとFの下段は上記

I_K を第4図Cの入力として用いたときの出力 e の重ね焼きであって、第3図BとEに示された実測の結果と極めてよく似た波形が simulation によってえられることを示すものである。ただ第3図C下段をえるための回路の時定数 RC が 2.5sec であったのに対してF下段をえるための時定数は 9 sec としなければならなかった。このことは桿体では Na^+ channel の開閉機構だけでなく、それに続くポンプ機構も錐体に較べて slow であることを意味している。

以上がわれわれのc-波の成因についての研究の概要であるが、Oakley¹⁷⁾は1年遅れて上記を完全に支持する結果を報告している。

2. Slow P III

slow P III はc-波と経過が同一で極性が正反対の波で、光刺激による視細胞層内 $[K^+]_o$ の減少に対する Müller 細胞の末梢側の膜が K^+ 電極として働いたための応答電位である。したがって、そのイオン機構などすべてc-波のときと同じであるのでここでは記述を繰り返さない。ただ slow P III の振幅がc-波に較べて小さいことの理由として2つのことが考えられる。その1つは色素上皮では細胞間の間隙が tight junction で閉じられていて shunt によるc-波の電流の洩れが少ないこと、そしてその2は Müller 細胞の末梢端(外限界膜付近)の膜の K^+ 透過性が比較的 low (III参照), K^+ 電極としての働きもそれだけ弱いことである。

V. d-波と e-波

e-波を先に述べれば、e-波は桿体特有で光を切ってから長い潜時の後に現われる角膜側正の電位変化で、その最初の観察者は Sickel & Crescitelli(1967)¹⁹⁾とされている。しかし本邦ではこの波の観察が彼らよりも15年も早く古河⁶⁾によって報告されている。e-波の特徴は光が強いほど off からの潜時が長いことである。この波の本体は最近まで不明であったが、第2図の模式図から推測される如く、それが桿体系の off-応答であることがわれわれ²³⁾ および New-

man¹⁴⁾による独立の研究で明らかになった。結論的には光の off に続く錐体電位の rapid decay に伴って現われるのがd-波であるのに対し、桿体電位の slow decay に伴って現われるのが e-波である。

VI. おわりに

d-波と e-波がそれぞれ錐体系と桿体系に特有の off-応答であることは前述の如くであるが、こうした区分は実はほかの ERG 波にも存在する。桿体系に特有とされる c-波についても、これと発生機序を同じくする錐体系特有の c-波とも称すべき波が潜在していることについてはIVで述べたとおりであるし、またもっと年代をさかのぼれば Motokawa と Mita(1942)¹²⁾が人眼で発見した x-波が今日では錐体系特有の b-波であることがわかっているし、また a-波にも速い錐体系 a-波と幾らか遅い桿体系 a-波が区別できるという¹¹⁾。

以上はこういった ERG 各波の発生についての最近の研究の概略である。

文 献

- 1) Armington, J. C., Johnson, E. P. & Riggs, L. A. (1952) The scotopic a-wave in the electrical response of the human retina. *J. Physiol. (Lond.)* **118**, 289-298
- 2) Baylor, D. A., Hodgkin, A. L. & Lamb, T. D. (1974) Reconstruction of the electrical responses of turtle cones to flashes and steps of light. *J. Physiol. (Lond.)* **242**, 759-791
- 3) Dick, E. & Miller, R. F. (1978) Light-evoked potassium activity in mudpuppy retina: its relationship to the b-wave of the electroretinogram. *Brain Research* **154**, 388-394
- 4) Faber, D. S. (1969) Analysis of the slow transretinal potentials in response to light. Ph. D. Thesis, State University of New York at Buffalo.
- 5) Fujimoto, M. & Tomita, T. (1981) Field potentials induced by injection of potassium ion into the frog retina: A test of current interpretations of the electroretinographic (ERG) b-wave. *Brain Research* **204**, 51-64
- 6) 古河太郎 (1952) 基網膜活動電圧における瞬間照射の効果. *阪市医大誌* **1**, 121-127
- 7) Granit, R. (1947) Sensory mechanisms of the

- retina. Oxford Univ. Press, London.
- 8) Kline, R. P., Ripps, H. & Dowling, J. E. (1978) Generation of b-wave currents in the skate retina. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* **75**, 5727-5731
 - 9) Kuffler, S. W. (1967) Neuroglial cells: physiological properties and a potassium mediated effect of neuronal activity on the glial membrane potential. *Proc. Roy. Soc. Lond., Ser. B* **168**, 1-21
 - 10) Matsuura, T., Miller, W. H. & Tomita, T. (1978) Cone-specific c-wave in the turtle retina. *Vision Res.* **18**, 767-775
 - 11) Miller, R. F. & Dowling, J. E. (1970) Intracellular responses of the Müller (glial) cells of mudpuppy retina: Their relation to b-wave of the electroretinogram. *J. Neurophysiol.* **33**, 323-341
 - 12) Motokawa, K. & Mita, T. (1942) Über einfachere Untersuchungsmethoden und Eigenschaften der Aktionsströme der Netzhaut des Menschen. *Tohoku J. exp. Med.* **42**, 114-133
 - 13) Murakami, M. & Kaneko, A. (1966) Differentiation of PIII subcomponents in cold-blooded vertebrate retinas. *Vision Res.* **6**, 627-636
 - 14) Newman, E. A. & Lettvin, J. Y. (1978) Relation of the e-wave to ganglion cell activity and rod responses in the frog. *Vision Res.* **18**, 1181-1188
 - 15) Noell, W. K. (1954) The origin of the electroretinogram. *Amer. J. Ophthal.* **38**, 78-90
 - 16) Oakley, B., II (1975) Measurement of light-induced transient changes in extracellular potassium ion concentration in the frog retina. Ph. D. Dissertation, University of Michigan.
 - 17) Oakley, B., II, Flaming, D. G. & Brown, K. T. (1979) Effects of the rod receptor potential upon retinal extracellular potassium concentration. *J. gen. Physiol.* **74**, 713-737
 - 18) Oakley, B., II & Green, D. G. (1976) Correlation of light-induced changes in retinal extracellular potassium concentration with c-wave of the electroretinogram. *J. Neurophysiol.* **39**, 1117-1133
 - 19) Sickel, W. & Crescitelli, F. (1967) Delayed electrical responses from the isolated frog retina. *Pflügers Arch. ges. Physiol.* **297**, 266-269
 - 20) Sillman, A. J., Ito, H. & Tomita, T. (1969) Studies on the mass receptor potential of the isolated frog retina. II. On the basis of the ionic mechanism. *Vision Res.* **9**, 1443-1451
 - 21) Steinberg, R. H., Schmidt, R. & Brown, K. T. (1970) Intracellular responses to light from cat pigment epithelium: Origin of the electroretinogram c-wave. *Nature* **227**, 728-730
 - 22) Tomita, T. (1976) Electrophysiological studies of retinal cell function (Proctor Lecture with Introduction by W. H. Miller). *Invest. Ophthalmol.* **15**, 169-187
 - 23) Tomita, T., Matsuura, T., Fujimoto, M. & Miller, W. H. (1978) The electroretinographic c- and e-waves with special reference to the receptor potential. *Proc. 16th ISCEV Symp.* (Y. Tazawa, ed.), pp. 15-25, Jap. J. Ophthal., Tokyo.
 - 24) Vogel, D. A. (1980) Potassium release and ERG b-wave current flow in the frog retina. Ph. D. Thesis, University of Michigan.
 - 25) 山田英智 (1967) 網膜の微細構造. *生体の科学* **18**, 54-66
 - 26) Yanagida, T. & Tomita, T. (1982) Local potassium concentration changes in the retina and the electroretinographic (ERG) b-wave. *Brain Research* **237**, 479-483

血液ガスと呼吸調節

千葉大学医学部第二生理学教室

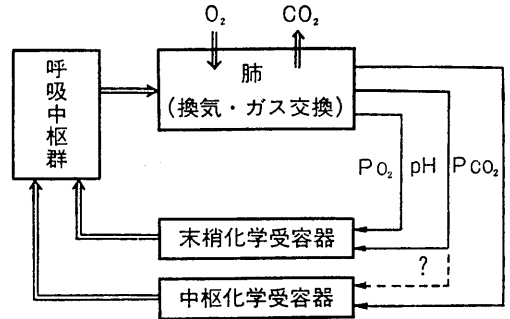
本田 良行

I. 血液ガスの恒常性とその調節能力

呼吸の重要な目的は O_2 のとり入れと CO_2 の排出にある。生体内の O_2 のストアはおおよそ 1l 位なので、安静状態でもせいぜい数分間の需要をまかなうに過ぎない。一方 CO_2 の産生量は 1 規定の酸にして 10ml/分以上にも達する。したがって、肺におけるガス交換は一刻も休むことのできない基本的な生命活動であるといえよう。また、このことから、ガス交換の結果を反映する血液ガスの値が異常とならないよう強力な調節系の存在することも納得される。

第 1 図は、血液ガスに関する呼吸調節系（化学調節系）を模式的に示したものであり、第 2 図は、その生体内における所在を現わしたものである。第 1 図の一重の線で示した部分は Restoring system (controlled system) と呼ばれ、肺における換気活動と、それにより規定される血液ガスのレベルとの関係である。一方、二重の線で示した部分は、Driving system (controlling system) と呼ばれ、化学受容器—呼吸中枢群—呼吸筋—肺をつなぐ系であって、その活動は血液ガスのレベルによって規定される。

第 3 図は、この 2 つの系の特性曲線である。Restoring system は、炭酸ガス排出量 (\dot{V}_{CO_2}) にしても、酸素消費量 (\dot{V}_{O_2}) にしても、肺胞換気量 (\dot{V}_A) と吸気—肺胞間の CO_2 もしくは O_2 分画の差を掛け合せた値に等しい。 \dot{V}_{CO_2} や \dot{V}_{O_2} は個体の身体活動のレベルが決まれば一定であるから、 \dot{V}_A と吸気—肺胞気間の O_2 もしくは CO_2 分画差との積が一定ということになる。これより縦軸に \dot{V}_A を、横軸の基線を吸気 O_2 または CO_2 分圧 (空気呼吸のときは、それぞれ 150 と 0 mmHg) とし肺胞 CO_2 分圧 (P_{ACO_2}) または肺胞 O_2 分圧 (P_{AO_2}) を横軸にとれば、 \dot{V}_A と P_{ACO_2}



第 1 図 血液ガス-呼吸調節系のブロックダイアグラム

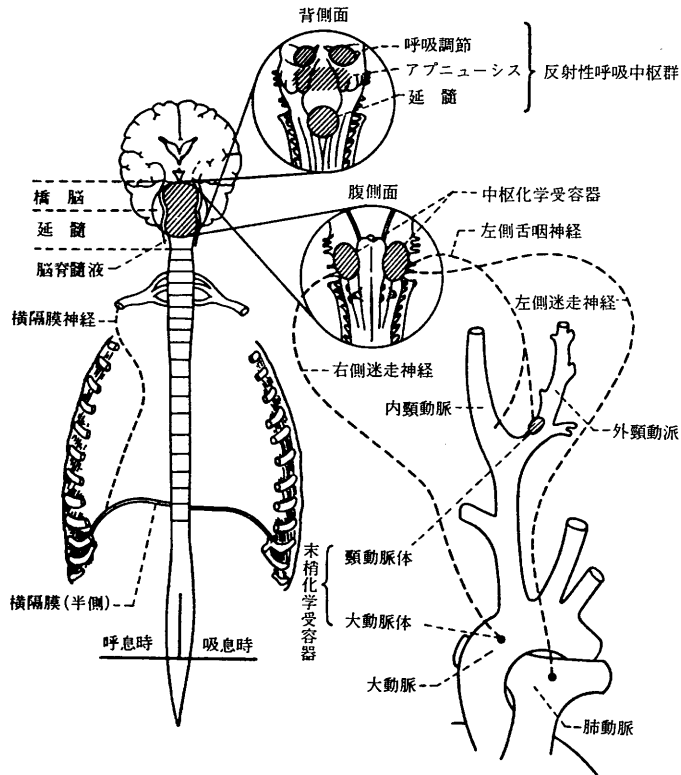
== 血液ガス-換気系 (driving system)
 —— ガス交換-血液ガス系 (restoring system)

もしくは P_{AO_2} との関係は第 3 図に示すような双曲線で表される。これを metabolic hyperbola と呼ぶ。一方、Driving system は、血液ガスのレベルによりその活動が規制される末梢および中枢化学受容器によりその特性が支配される。 P_{ACO_2} と肺換気 (\dot{V}) に関しては直線として、 P_{AO_2} と \dot{V} は P_{AO_2} が正常値の 100 から 60 mmHg 位まではほぼ水平で、以後急速に立ち上る曲線として表される。縦軸の基線を肺胞換気の 0 値とすれば、 \dot{V} は、 \dot{V}_A より下向きにとった一定量の死腔換気量 (\dot{V}_D) との和として表すことができる。 $P_{ACO_2}-\dot{V}$ と $P_{AO_2}-\dot{V}$ の関係を、それぞれ CO_2 response curve, hypoxia response curve と呼ぶ。

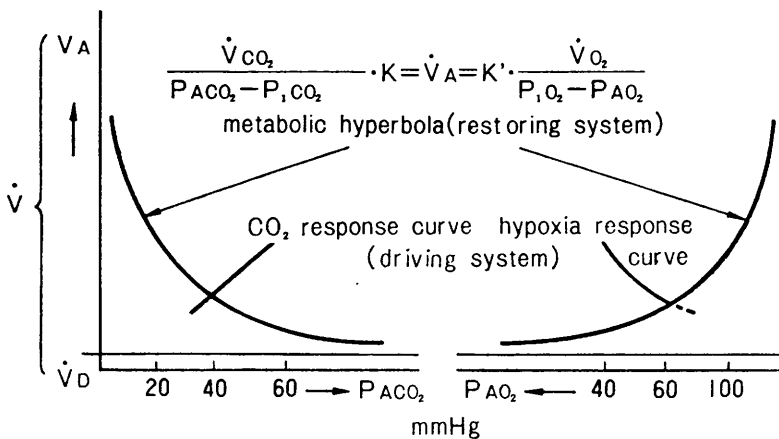
生体内には、以上述べた metabolic hyperbola と response curve が共存しているから、この 2 種類の特性曲線の交点に生体の状態が落ち着くことになる。そして、その安定度は response curve のスロープ (S) と metabolic hyperbola の縦軸に対するスロープ (S_L) の積によって決まる。普通の空気呼吸の場合は、上述の如く hypoxia response curve のスロープは殆んどゼロであるが、 CO_2 response curve の方

は平均 $2\text{l}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{mmHg}^{-1}$ 位である。したがって、実際の生体では、まず第3図の左側の交点で示される \dot{V}_A と P_{ACO_2} が決まる。 P_{ACO_2} が

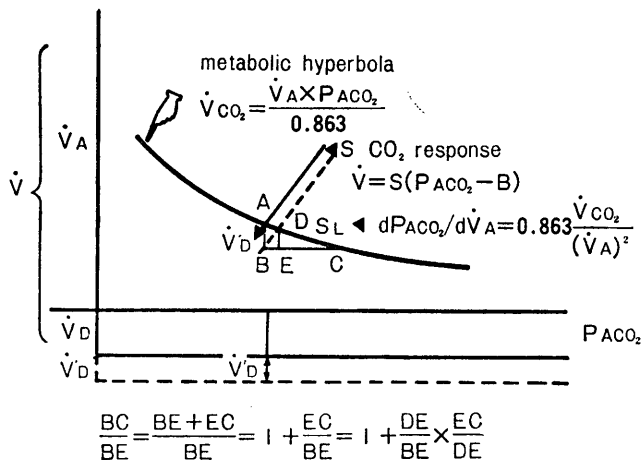
決まれば、肺胞内で N_2 は inert gas としてガス交換の対象とはならないから残りの P_{AO_2} は自然に決定されることになる。これは肺胞換気式



第2図 化学調節系に關与する諸器官



第3図 換気に対する呼吸の化学調節系の関与



$$\frac{BC}{BE} = \frac{BE + EC}{BE} = 1 + \frac{EC}{BE} = 1 + \frac{DE}{BE} \times \frac{EC}{DE}$$

$$= 1 + S(l.min/mmHg) \times S_L(mmHg/l.min) = 1 + \text{gain}(G)$$

第4図 死腔換気量増加(ΔV_D)に伴う P_{ACO₂} の恒常性維持能力の解説

と呼ばれる次式により数量的に求められる。

$$P_{A_{O_2}} = P_{I_{O_2}} - \frac{P_{A_{CO_2}}}{R} + \frac{(1-R)F_{I_{O_2}}P_{A_{CO_2}}}{R}$$

ただし、P_{I_{O₂} は吸気 O₂ 分圧、R はガス交換比、F_{I_{O₂} は吸気 O₂ 分画である。}}

上式は、P_{A_{O₂} と P_{A_{CO₂} との直線関係を表す。}}

また、血液 pH と P_{CO₂} との関係は、Hender-son—Hasselbalch 式により

$$pH = 6.10 + \log \frac{[HCO_3^-]}{0.03 \times P_{CO_2}}$$

であるから、動脈血 P_{CO₂}(P_{A_{CO₂})が P_{A_{CO₂} と等しいと置けば、動脈血 pH も規定されることになる。}}

次に、血液ガスの安定性について考察する。第4図に示すように、呼吸系に余分の死腔(V_D')が加わったとする。もし、呼吸調節が働かず換気量が変わらないとすれば、V_D'の付加により、ガス交換に有効な換気量は V_A から (V_A - V_D')に減少することになる。したがって、P_{ACO₂} はC点にまで上昇する。しかし、実際の生体では CO₂-response が存在するから、V_D'の付加によってその分だけ下方に平行移動した新しい CO₂-response curve と metabolic hyperbola との交点に P_{ACO₂} と V_A の値が落ち着くことになる。図の下の説明からわかるように、response curve のスロープ、S と metabolic

hyperbola のスロープ S_L の積を gain(G)とすると、換気調節のない場合の P_{ACO₂} の増加は、調節が働くと 1/(G+1) に抑制される。われわれのえた正常日本人、男子成人でGの値はほぼ20位であった。これより、たとえば skin divingなどに使用されるシュノーケルなどを咬えた潜水呼吸などのとき、V_D'が1/lmin位もあつたとしても、P_{ACO₂} の変化は 0.5mmHg 位にしか達しないことがわかるであろう。

II. 血液ガスによる呼吸刺激

— 史的背景に基づく考察 —

前述の調節系の gain の中、S_L は代謝に関係したパラメーターであるから、body mass によってほぼ一義的に決まってしまう。一方、Sは主として化学受容器の活動によって左右され、変動が大きい。したがって、呼吸の化学調節の研究は血液ガスによる呼吸刺激の本態を解明しようとすることに焦点が当てられてきた。

1. 空気呼吸動物 (air breather) における CO₂ 刺激の優位性

前述の如く、ヒトの空気呼吸時には CO₂ が呼吸刺激の主体である。このことは Dejours²⁾ により系統発生的に説明された。一般に、生物の起原は海中にあるとされるが、その環境では O₂ 濃度は極めて低い。したがって、water

breather における灌流量 (convection volume) は必要な酸素をとり入れるために極めて高く、体液中の CO_2 分圧は数 mmHg 以下にしか過ぎない。ところが、air breather となると環境の O_2 濃度は海水中の三十数倍にも達する。したがって、換気量のごく少くとも必要な O_2 をとり入れることができる。一方、 CO_2 は体内に、より多く蓄積することになるから acidosis の危険が生じる。したがって、換気の主体は CO_2 の排出に向けられることになったと理解される。

2. CO_2 刺激の優位性の発見

1905年 Haldane と Priestley⁴⁾ は自身が被験者となって CO_2 を吸入し、はじめて肺胞 CO_2 分圧と換気量の関係を報告した。わずか 1~2 mmHg の CO_2 分圧の上昇が肺胞換気量を倍増させた。この値は、その後の多数の報告から見ると多少高すぎるようではあるが、 CO_2 刺激の強力を印象づける報告として長く教科書などに引用された。

3. Reaction theory の提唱と変遷 (第 1 表)

1910年 Wien における第 8 回国際生理科学会議において Winterstein¹⁴⁾ は、上述のような CO_2 の強力な呼吸刺激の本態は $[\text{H}^+]$ であると提唱した。これを Reaction theory と呼ぶ。その根拠は、ウサギの新生児の灌流実験で呼吸運動を記録し、 CO_2 と同じように HCl が強力に呼吸刺激となったことに基づいている。元来、

中枢神経の抑制作用をもつ CO_2 呼吸刺激となるのは、水と水和反応の結果生ずる炭酸からの $[\text{H}^+]$ に由来すると考えたのである。最初の Reaction theory は血液の $[\text{H}^+]$ がすべての呼吸の化学刺激を説明するとされたが、それは正しくないことが間もなく明らかとなった。たとえば、酸素欠乏に由来する呼吸促進時には血液 pH は上昇する。この矛盾を説明するため、Winterstein は真の呼吸刺激は細胞内液の $[\text{H}^+]$ であって、細胞外液の $[\text{H}^+]$ と必ずしも同調して変化しないためであると説明した。その要点は CO_2 や NH_3 のようなガスの場合と HCO_3^- や NH_4^+ のようなイオンが作用した場合とでは細胞膜内外で pH の変化方向の分離が起こることにある。これは Intracellular acidity theory と呼ぶことができよう (Winterstein, 1921¹⁵⁾)。この改変された Reaction theory は、当時はもちろん今日でも測定困難な細胞内 pH に説の根拠を置いたため、文字どおり“仮説”として約 30 年間を経過することとなった。

4. 末梢化学受容器の発見とその役割

血液ガスによる呼吸刺激の受容器として、頸動脈体の存在が Heymans⁵⁾(1927) らによって交叉循環法を用いて立証された。同様の機能をもつ受容器として大動脈体が 1939年 Comroe¹⁾ により確定された。これを一括して末梢化学受容器と呼ぶ。Heymans らは、末梢化学受容器は血

第 1 表 Reaction Theory (Winterstein)

- I. Extracellular acidity theory
 - Perfusion of rabbit newborn $\left\langle \begin{array}{l} \text{CO}_2 \\ \text{HCl} \end{array} \right\rangle$ analogous stimulation for \dot{V}
 - $\text{CO}_2 \left\langle \begin{array}{l} \text{Inhibition for CNS (CO}_2\text{)} \\ \text{Stimulation for breathing (acidity)} \end{array} \right\rangle$
 - Hypoxia \nrightarrow Acidosis
- II. Intracellular acidity theory
 - Permeability to cell membrane: CO_2 vs ion
 - $\text{pH} \propto \frac{[\text{HCO}_3^-] \text{ (poorly permeable)}}{\text{CO}_2 \text{ (easily permeable)}}$
 - Difficulty in measuring intracellular pH \rightarrow mere hypothesis
- III. CSF acidity theory
 - Ventriculocisternal perfusion technique (Leusen)
 - Discovery of medullary respiratory chemosensitive area (Mitchell, Loeschcke et al.)
 - Intracellular acidity \rightarrow CSF acidity

液ガスのすべての刺激に対して生理的に有用な役割を演ずると主張した。しかし、その後の多くの追試者は、酸素欠乏には重要な受容器であるが、CO₂ 刺激に対しては末梢化学受容器の除神経を行ってもあまり換気の低下は見られないとしている。同様な所見は、約30年前千葉大学において治療の目的で頸動脈体を摘出された患者についても見出された⁶⁾。

5. CO₂ specific theory

CO₂ のもつ強力な呼吸刺激は、末梢の化学受容器の発見によっても解決できなかった。1936年 Nielsen¹⁰⁾ は、CO₂ 吸入と塩化アンモニウムの服用による Acidosis の場合とを比較すると、後者に由来する換気亢進は、CO₂ と同等もしくはそれ以上の強い動脈血 pH の低下にもかかわらず、極めて小さいことを報告した。このことは、CO₂ は特別な呼吸刺激剤であるという概念を広く印象づけ、長く教科書などにも引用されることとなった。

6. CSF の灌流実験と第3の Reaction theory (CSF acidity theory)

1950年、Leusen⁷⁾ はイヌの脳室灌流液の酸塩基平衡状態を変えることにより換気量に変化することを見出し、新たな展開が見られることになった。CSF は血液とは blood-CSF barrier を介して接しているから、CO₂ は容易に侵入して pH を低下させるが、塩化アンモニウムなどのような代謝性 acidosis による血液 [H⁺] の上昇は簡単にはその pH を低下させることはできない。したがって、CO₂ の特殊作用は実は CSF pH による呼吸刺激作用であると解釈することができる。Winterstein¹⁶⁾ は直ちにこのことをとりあげ、第3の Reaction theory が誕生することとなった (CSF acidity theory, 1953) 1963年、Mitchell Loeschke, Severinghaus⁹⁾ らの共同実験により、その作用部位が延髄の腹側表層にあり、刺激の本態が CO₂ ではなく pH であると報告された。いわゆる medullary respiratory chemosensitive area として広く知られるに至った。

中枢化学受容器は、近年大きく注目を集めた

話題であるが、その形態学的実体、呼吸中枢との神経生理的連絡などについてまだ十分に解明されていない。今後の発展にはなお曲折が予想される。

Ⅲ. 血液ガス—換気応答曲線の定量的取扱い

換気応答曲線を最初に定量的に表すことに成功したのは Gray³⁾ である。彼は、多数の実験データを解析して、換気量が P_{CO₂}, P_{O₂}, H⁺ の3つの刺激に由来する換気量の代数和として表されるとした。

$$V_R = 0.262P_{CO_2} + 0.22H - 18 + 0.472(104 - P_{O_2})^{4.9} \dots\dots\dots(1)$$

ただし、V_R は安静換気量に対する倍率で表した換気量、H は nanomol で表した [H⁺] である。P_{CO₂} と H は直線的に、P_{O₂} は指数函数的に働く。

1951年 Nielsen と Smith¹¹⁾ は、ヒトにおいて hypoxia と hypercapnia が共存する場合には換気は両刺激の代数和ではなく、相乗作用の起ることを報告し、多数の追試によって確認された。このことを数式的に表現するため、Lloyd と Cunningham⁸⁾ は次のような方法を行った。

CO₂-換気応答式を次の直線式で表す。

$$\dot{V} = S(P_{ACO_2} - B) \dots\dots\dots(2)$$

ただし、S は応答曲線のスロープ、B は横軸との交点。

S の値が P_{A_{O₂}} の函数であるとし、P_{O₂} の低下に伴って双曲線的に上昇するとした。

$$S = D \left(1 + \frac{A}{P_{AO_2} - C} \right) \dots\dots\dots(3)$$

ただし、D は P_{A_{O₂}} が十分に高い (hyperoxia) ときの CO₂-応答曲線のスロープ、C は S の縦軸への漸近線、A は双曲線のスロープの程度を決める定数で hypoxia に対する感受性を表す。

(3)を(2)に代入して、

$$\dot{V} = D \left(1 + \frac{A}{P_{AO_2} - C} \right) (P_{ACO_2} - B) \dots\dots(4)$$

で一般式がえられる。これは一般に Oxford グループの hyperbola approach と呼ばれる。

彼らの実験結果では A + C の平均は 50mmHg

である。すなわち, $P_{A_{O_2}}$ が正常の半分になると, S は $2D$ となる。

hypoxia と hypercapnia の共存する場合の定量的解析として, Severinghaus らの California グループの exponential approach¹³⁾, Rebuck らの McMaster グループの酸素飽和度をパラメーターに入れた Saturation approach¹²⁾ などもある。

文 献

- 1) Comroe, J. H. Jr. The location and function of the chemoreceptors of the aorta. *Am. J. Physiol.* **127**, 176-191, 1939.
- 2) Dejours, P. Principle of comparative respiratory physiology. North-Holland Publ. comp., 1975, Amsterdam.
- 3) Gray, J. S. Pulmonary ventilation and its physiological regulation. C. C. Thomas, 1950. Springfield.
- 4) Haldane, J. S. & Priestley, J. G. The regulation of the lung ventilation. *J. Physiol.* **32**, 225-229, 233-242, 248-252, 265-266, 1905.
- 5) Heymans, C., Bouckaert, J. J. & et Dautrebande, L. Sinus carotidien et reflexes respiratoires. II Influences respiratoires reflexes de l'acidose de l'alkalose, de l'anhydride carbonique, de l'ion hydrogene et de l'anoxéme. Sinus carotidiens et l'changes respiratoires dans les poumons et au dela des poumons. *Arch. Intern. Pharmacodyn.* **39**, 400-450, 1930.
- 6) Honda, Y., Watanabe, S., Hashizume, I., Satomura, Y., Hata, N., Sakakibara, Y. & Severinghaus, J. W. Hypoxic chemosensitivity in asthmatic patients two decades after carotid body resection. *J. Appl. Physiol. : Respirat. Environ. Exercise Physiol.* **46**, 632-638, 1979.
- 7) Leusen, I. Chemosensitivity of the respiratory center. *Am. J. Physiol.* **176**, 39-44, 45-51, 1954.
- 8) Lloyd, B. B. & Cunningham, D. J. C. A quantitative approach to the regulation of human respiration. In: Regulation of human respiration. ed. by Cunningham, D. J. C. & Lloyd, B. B. pp. 331-349, Blackwell Sci. Publ., 1963, Oxford.
- 9) Mitchell, R. A., Loeschcke, H. H., Massion, W. H. & Severinghaus, J. W. Respiratory responses mediated through superficial chemosensitive areas on the medulla. *J. Appl. Physiol.* **18**, 523-533, 1963.
- 10) Nielsen, M. Untersuchungen über die Atemregulation beim Menschen besonders mit Hinblick auf die Art des chemischen Reizes. *Skand. Arch. Physiol.* **74**, Suppl. **10**, 87-208, 1936.
- 11) Nielsen, M. & Smith, H. Studies on the regulation of respiration in acute hypoxia with an appendix on respiratory control during prolonged hypoxia. *Acta Physiol. Scand.* **24**, 293-313, 1951.
- 12) Rebuck, A. S. & Campbell, E. J. M. A clinical methods for assessing the ventilatory response to hypoxia. *Am. Rev. Resp. Dis.* **109**, 345-350, 1974.
- 13) Severinghaus, J. W. Proposed standard determination of ventilatory responses to hypoxia and hypercapnia in man. *Chest* **70**, Suppl. 129-131, 1976.
- 14) Winterstein, H. Die Regulierung der Atmung durch das Blut. *Pflüg. Arch. Ges. Physiol.* **138**, 167-184, 1911.
- 15) Winterstein, H. Die Reaktionstheorie der Atemungsregulation. *Pflüg. Arch. Ges. Physiol.* **187**, 293-298, 1921.
- 16) Winterstein, H. & Gökhan, N. Ammoniumchlorid-Acidose und Reaktionstheorie der Atmungsregulation. *Arch. int. Pharmacodyn.* **93**, 212-232, 1953.

咀嚼筋放電の quiet period 出現と筋電図周波数分析 (FFT) について

半場道子・永田 晟*・室 増 男**
(昭和大学歯学部・東京都立大学理学部*・東京薬科大学**)

Frequency analysis (FFT) on quiet period in myoelectric signals of the masseter and the temporalis. Michiko HAMBА, Akira NAGATA* and Masuo MURO** (*Department of Physiology, School of Dentistry, Showa University, Tokyo 142 Japan* **Bio-dynamics Laboratory, Faculty of Science, Tokyo Metropolitan University, Tokyo 152 Japan* ***Bio-dynamics Laboratory, Tokyo College of Pharmacy, Tokyo 192-03 Japan*)

The purpose of this study was to analyze the control mechanism of quiet period (silent period, QP) in myoelectric signals of the masseter and the anterior part of temporalis by the measure of frequency analysis (FFT) and the power spectra, according to the bite force development. Surface myoelectric signals of the masseter and the temporalis (both sides) of nine human subjects with normal occlusion were recorded during biting movements. Subjects were asked to increase their forces rapidly to their maximum bite force levels at the decided three rate (0.5sec, 1.0sec and 2.0sec) respectively. QPs (duration; 10~70ms) were observed (occurrence rate; 44%) almost simultaneously in four muscles at both experimental conditions of the high accelerative movements (0.5sec) and of low levels of bite force remarkably. Frequency analyses were carried out by means of Fast Fourier Transform about myoelectric signals for the period of each 50ms before and after QP occurrence. In the higher frequency bands (200~480Hz), power spectra "AFTER QP" were distributed with high energy density, whereas "BEFORE QP" were characterized in low frequency bands (20~180Hz) with low energy. By these analysis, following results were discussed such as that the recruitment of phasic motor units (high frequency bands of power spectra) appeared with fast rate coding in the EMG of QP occurrence, and it should be natural for the neural switching mechanism to be activated in QP occurrence in order to transfer from tonic units to phasic ones of EMG.

key words : quiet period, myoelectric signals, power spectrum, recruitment

I. 結 言

経時的な筋放電現象 (主に表面筋電法) に silent period (s. p.) と呼ばれる放電の休止状態が現れることは Hoffmann¹⁸⁾ の報告をはじめとして古くから知られている。この現象に関する研究は種々の実験方法により、ヒトを中心としてサル、ネコなどの動物も対象として数多く報告されてきた^{1)2)3)4)5)6)7) 14)15)16)17)18)19)20)21)22)26) 27)31)32)35)36)37)38)39)41)44)45)46)47)48)}。これら s. p. 現象の出現機序に関する事柄を概観すると、s. p. 出現の mechanism を脊髄レベル以下の運動神経支配の制御機構に求めたものと、中枢神経を中心とした運動調節機構に求めたものに大

別される。前者はさらに、Golgi tendon organ の autogenic inhibition に基くもの¹⁴⁾¹⁹⁾、Renshaw cell の recurrent inhibition に基くもの³⁾、筋紡錘の求心性インパルス停止に基くもの⁴⁾¹⁵⁾¹⁷⁾²²⁾²⁶⁾²⁷⁾³⁶⁾³⁷⁾³⁸⁾ に区別して、その中の一つまたはいくつかに関係すると解釈されている。それに対して後者には、脳幹網様体からの抑制に基くもの²⁰⁾⁴⁴⁾⁴⁶⁾⁴⁷⁾、中枢プログラム (大脳皮質内) による抑制支配²¹⁾³⁹⁾ などの解釈があるが、いずれも直接的な実験データや破壊実験による解釈ではなく、あくまでも筋放電の様相と動作との関係から推察した結果にすぎない。

s. p. 研究の対象となった筋は、ヒトの母指内転筋¹⁷⁾²⁷⁾³⁶⁾、上腕二頭筋⁴⁾³⁶⁾、ヒラメ筋²¹⁾²²⁾³⁷⁾³⁸⁾、大胸筋⁵⁾⁶⁾ など種々の運動筋 (骨格筋) にわたっている。咀嚼に関する骨格筋、咬筋や側頭

筋についても、咀嚼時の tapping movement による s. p. を Schaerer et al.³⁵⁾ や Ahlgren¹⁾ が報告してから、多くの研究が続けられ²⁾⁷⁾¹⁵⁾¹⁶⁾²⁶⁾³¹⁾³²⁾⁴¹⁾⁴⁶⁾、近年歯科臨床領域では s. p. の duration の長短や、出現率を指標として顎口腔系機能障害の程度を知ろうとする試みさえ見られる⁷⁾¹⁶⁾⁴¹⁾⁴⁸⁾。しかし、咀嚼筋 EMG 上の s. p. 出現の機序については、歯根膜の mechanoreceptor を介する inhibition と解釈するもの²⁾⁷⁾²⁹⁾³¹⁾⁴⁸⁾、筋紡錘の求心性インパルス発射減少の結果と解釈するもの¹⁵⁾²⁶⁾などがあり、いまだ不明の点が多く、確立した解釈は見られていない。咀嚼筋の s. p. がいかなる mechanism によって現れるのか、統一された解釈がない中に、臨床面への応用が行われるのは問題であろう。この疑問を解明する一つの試みとして、咀嚼筋 s. p. 出現の条件をまず明らかにすることを目的とし、さらに出現機序解明の結果、臨床的応用への基礎資料収集のために二三の実験を行なった。本研究では一連の実験の中の一つ、咀嚼筋の速やかな筋収縮に伴って出現した s. p. 現象について、s. p. 出現前後の筋放電波形を電子計算機処理により周波数分析 (FFT) を行ない、s. p. 機序解明のための一手法とした。本報告でとり上げた SP 現象は、s. p. 出現前の筋放電波形が s. p. 後の波形と振幅および周波数において大きく異なっていることが観察されたので、s. p. 出現前後の筋収縮に参画する motor units の recruitment の状況を推測する資料を得ることを目的とした。表面筋電図のスペクトル解析に関する従来の報告は、随意収縮を長秒間持続させて得られたパワースペクトルについてであり²³⁾²⁵⁾²⁹⁾³⁴⁾、本研究の目的とするような筋放電波形上の任意の短区間についての分析結果ではなかった。著者らは、筋電図上の s. p. 出現時点を基点とし、その前後の指定時刻を端点とする任意の時間区分にわたって、筋放電波形に高速 Fourier 変換 (FFT) を実施し、その区間におけるパワースペクトルを求めるプログラムを開発した。この数学的背景は付記に述べた。

s. p. 出現の期間について従来の多くの研究を

調べると、s. p. 期間とは自発的筋放電、tissue noise¹¹⁾ まで含めた筋放電の完全な休止期なのか、あるいは意識的筋収縮による放電の減少期に過ぎないのか、という定量的な確認や統一した定義づけが行なわれていないままに、silent period という名称が使われてきた。deVries¹⁰⁾ は、筋電図上 noise といわれる $10\mu\text{V}$ 以下の微小な変化もこれを積分すると、筋の張力と比例し、筋収縮状態と関係していることを報告して、s. p. 現象の存在を認めていない。こうした不明確さを解消するため本研究では、 $25\mu\text{V}$ の筋放電振幅を仮りに設定して s. p. 期間の定義上の閾値とした。その理由は、無意識的な筋放電すなわち自発的筋放電のレベル閾値は $20\mu\text{V}$ と考えられている¹¹⁾。s. p. 出現の有無は、意識的な筋放電レベルの存在と考えられる以上、 $20\sim 25\mu\text{V}$ を閾値と考えざるをえないであろう。上述の見解に基いて、本研究では silent period の用語を用いず、この現象に対しては新しく quiet period (QP) なる表現を用いて以後の記述を行なうこととした。quiet period という用語はすでに Angel⁵⁾ の文献にも見られるが、従来の s. p. 定義不統一のためにあえて新しい用語を提案するものである。そして $25\mu\text{V}$ という閾値をも加えて提案する意図を持っている。

II. 実験方法

正常咬合を有する成年男子 9 名 (22~44 歳) を被検者とした。筋電図は、左右両側の咬筋中腹および側頭筋前腹の 4 筋群より、双極誘導法により表面からテレメータ (TYPEB2 271) により導出し、4 筋同時に電磁オッシュロペーパー上に記録した。実験装置および各機器間の連結は Fig. 1 のブロック・ダイアグラムに示した。電極は、径 3 mm の銀塩化銀ミニチュアタイプを使用し、それぞれの筋群の筋線維の走行と平行に、電極間距離を 1 cm として貼布した。電極間抵抗は $3\text{K}\Omega$ 以下におさえた。

実験に際して、被検者に圧力センサ (ひずみゲージ式圧力変換器 PS 型) を埋めこんだアクリル製の咬合力測定用プレート (著者らの試作

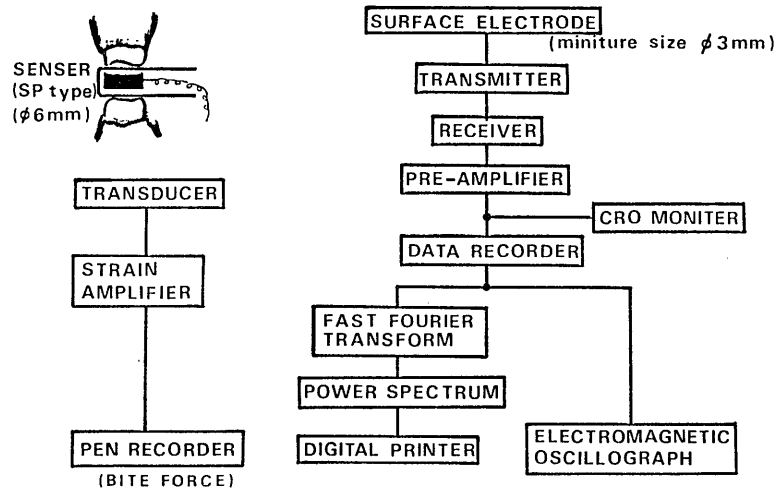


Fig. 1. Schematic block diagram of myoelectric signal analysis used in this study so as to obtain raw EMGs, bite forces and power spectra.

品)を咬ませ、被検者の筋電図を記録すると同時に咬合力を測定し、ペンレコーダー上に記録した。プレートは、被検者の歯列弓にほぼ合うように形作った上下2枚の亚克力板(厚さ2mm)の間に圧力センサ(φ6mm×2mm)8個をならべ固定したものである。歯列弓は被検者ごとに異なるので、プレートの両端に位置する圧力センサに被検者の左右第1大臼歯が当たるように、実験に先立ってプレートの咬み方を練習させ調整した。プレートを咬んだ時、8個の素子に加わった圧は、おのおの8個のStrain Amp(Shinkoh DS6/MTY-A)を介してペンレコーダーに導き、後にkg重単位(ニュートン)に換算し、8個の加算によりその被検者の総合咬合力とした。動作課題として、咬合力プレートをごく軽く咬んだ準備姿勢から一定の勾配で咬合力を増大させるramp性の収縮(ramp clenching)により、(I)0.5秒で被検者の最大咬合力(maximum bite force, MBF)に達する0.5(S)ramp clenching, および(II)1秒で最大咬合力に達する1.0(S)ramp clenchingを各2回、さらに(III)2秒の長秒間のramp timeの収縮を1回行った。1秒、2秒という時間経過は検者の秒読みで被検者に知らせ、被検者の咬合力発現はモニターによって示した。

表面筋電図の周波数分析は次の方法によった。電磁オシログラフに記録した筋放電波形について、QPを基点としてその前後50msの期間にわたって波形振幅の中央に基線を引き、時間間隔500 μ sで基線からの上下の距離を読みとり、この数値100個をデータカードで計算機に入れ、 μ Vに換算後27個に内挿(付記**)し、FFTプログラム(付記*)により計算してパワースペクトルを求めた。計算機はIBM3033を使用し周波数rangeを1000Hzとした。なおFig. 4, Fig. 5のパワースペクトルのO-dBの表示は、較正電圧として250 μ V, 200Hzの正弦波をFFTに入力した際の出力、エネルギー量(パワー密度)を規準に定めた。

III. 実験結果

A) ramp clenching によるQPの出現条件について

(I) 0.5(S)ramp clenching, (II) 1.0(S)ramp clenching, (III) 2.0(S)ramp clenching によるQP出現率をTable 1に示した。(III)では出現率は低いが、急速に最大咬合力に達する素早い噛みしめ動作(I)または(II)では上昇した。0.5(S)ramp clenchingによるQP出現時のraw EMGの一例をFig. 2に示した。被検者が収縮を開始

して 120ms の時点で側頭筋(左)に、次いで15~20ms遅れて他の3筋にもQPが現れた。図の大小2つの矢印は、それぞれの筋におけるQPの開始と終りを示す。9人の被検者の実験例について咬合力が最大に達した実際の ramp time とQP出現時の %MBF との関係を図.3に模式的に示した。図の黒丸がQPの出現時点を表わす。図から明らかなように、QPは短時間に咬合力を増大させる収縮時に多く出現し、しかも出現の時期は %MBF の低い咬合力発揮時に集中している。したがって、ramp clenching によるQP出現の条件は、ramp time

Table 1. Occurrences of quiet period in ramp-wise clenchings of nine human subjects.

VELOCITY OF RAMP-WISE CLENCHING	TRIALS	QP OCCURRENCES
0.5(sec)	18	8(44.4%)*
1.0(sec)	18	5(27.7%)
2.0(sec)	9	1(11.1%)

($p^* < 0.05$)

と %MBF との関係から図の斜線部分によって表現される。

B) QP 出現前後の筋放電波形のパワースペクトルについて

QP 出現前後、各 50ms における筋放電波形のパワースペクトルの例を咬筋(右)、側頭筋(左)について Fig. 4 に示した。これは Fig. 2 の raw EMG から得たものである。QP 前の両筋のスペクトル分布 (20~380Hz) は、QP 後高い周波数帯域 (200~500Hz) に拡大し、各周波数成分の著しいパワー増大がQP後に見られた。同一被検者の同一動作課題、0.5(S)ramp clenching によってQPが出現しなかった場合の筋放電波形と、そのパワースペクトルを咬筋(右)および側頭筋(左)について Fig. 5 に示した。QP 出現の場合と比較するために、収縮開始後 120ms を基点として、その前 50ms の区間1 (Fig. 5 の番号) と、基点よりQP相当期間として 40ms を経過した時点より 50ms 後の区間2についてパワースペクトルを求めたものである。区間1のパワースペクトルは、すでに 500Hz の周波数

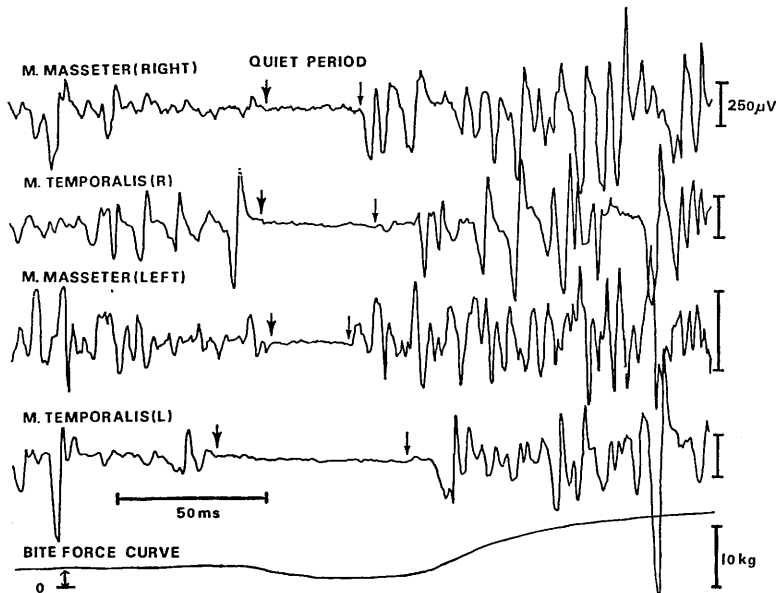


Fig. 2. Myoelectric signals of the masseter and the temporalis and the bite force curve obtained in the measure method of rapid ramp-wise clenching (sub. M.). In four raw EMGs, QPs occurred almost simultaneously at the point of 120ms after the onset of this chewing movement.

帯域に拡がっており、区間2のそれは200Hz以下の成分にやや大きなパワーが見られるもの、スペクトル分布は殆んど変わらず、QP 出現

前後のような大きな差異は見られなかった。

両筋のQPが出現した時のパワースペクトル(QP), および出現が見られなかった時のパワー

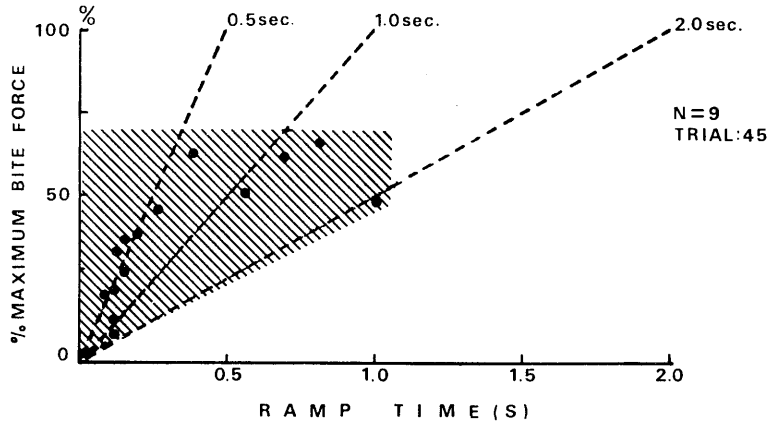


Fig. 3. The relationship between ramp times and % maximum bite force at which level QP occurred. These plots (filled circle) represent the occurrence time of QP. Three clenching experiments were practiced in 0.5, 1.0 and 2.0(sec)-ramp-wise methods respectively.

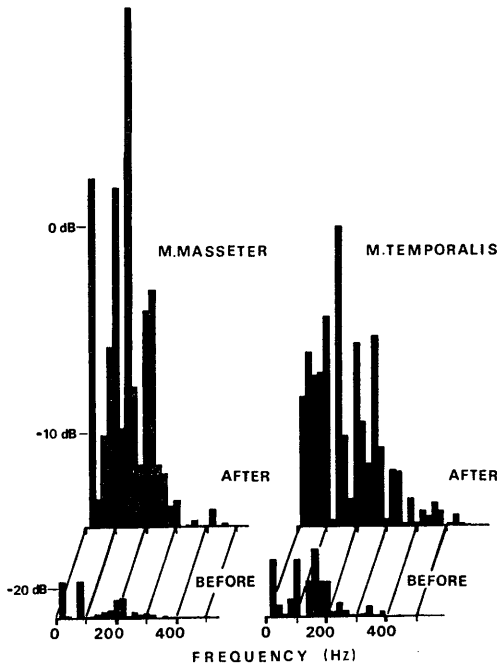


Fig. 4. A typical set of data showing changes of power spectra before and after QP occurrence in myoelectric signals of the masseter (R) and temporalis (L) muscle shown in Fig. 2 (sub. M)

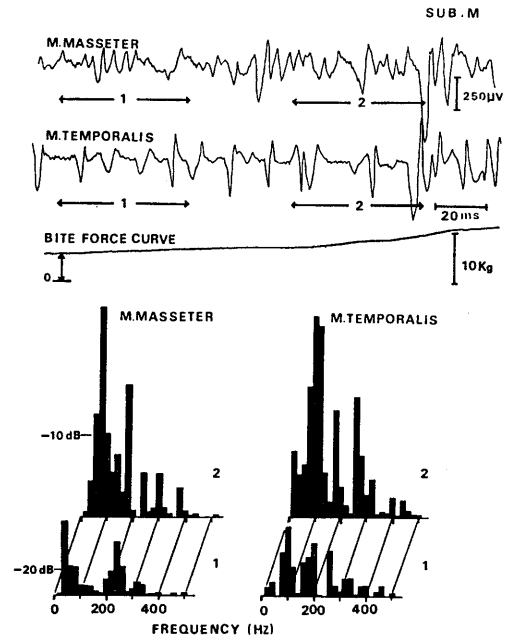


Fig. 5. The same data of myoelectric signals of the masseter (R) and the temporalis (L) in which any QP did not observed in the mesure method of 0.5 (S) ramp-wise clenching. Their power spectra were calculated from EMGs of "period 1" and "period 2" in upper traces.

Table 2. Energy ratio (power density ratio) in each frequency component of the two paired power spectra "BEFORE and AFTER" and "1 and 2" in the myoelectric signals of the masseter and the temporalis. "BEFORE and AFTER" indicates the comparative pair of QP occurrence, while "1 and 2" is the case of no QP.

FREQUENCY COMPONENT (Hz)	M. MASSETER		M. TEMPORALIS	
	no QP	QP	no QP	QP
	2 / 1	AFTER / BEFORE	2 / 1	AFTER / BEFORE
20	2.8	9.6	8.5	2.3
40	0.5	17.5	3.3	14.5
60	3.5	101.7	10.1	46.0
80	7.7	4.7	3.0	8.6
100	7.0	150.6	3.1	0.4
120	5.4	55.0	6.5	0.4
140	7.5	102.0	15.5	14.7
160	5.9	23.5	0.5	1.4
180	36.0	7.9	2.8	1.5
200	0.4	11.0	0.6	9.5
220	0.1	12.7	15.7	19.6
240	0.8	70.0	2.7	4.7
260	0.2	8.2	3.0	30.0
280	2.5	0.3	6.4	49.0
300	0.6	6.1	5.2	5.3
320	0.5	0.3	2.2	25.3
340	0.3	2.6	1.4	4.3
360	0.1	1.1	10.0	0.4
380	0.6	22.0	0.4	4.4
400	2.1	1.7	2.1	5.0
420	14.0	103.0	1.8	3.5
440	5.7	7.0	4.4	4.4
460	1.6	9.5	0.7	40.0
480	6.7	2.7	2.4	11.0

(* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$)

スペクトル(no QP)について、それぞれ各周波数成分ごとに ATER/BEFORE(QP) および 区間 2/区間 1 (no QP) のエネルギー比を Table 2 に示した。パワースペクトルの周波数帯域を 100Hz ごとに 5 区間に区切って、各帯域における QP 出現前後のエネルギー比を見ると、両筋の場合とも特に中高周波数帯域 (200~480Hz) において著しい差を示した。これを QP 出現のなかった場合と比較すると、両者 (QP と no QP) 間には統計上有意な差が見られた。

IV. 考 察

Hoffmann¹⁸⁾は、ヒトの phasic reflex 時の Hemmungsphase として silent period (s. p.) の現象を報告した。この現象に関して、それ以後多くの研究が続けられたが、s. p. 出現の期

間 (持続時間) についての筋電図上の解釈は、それぞれの研究と動作課題によって異なる。例えば筋活動の cessation³¹⁾¹⁷⁾、危害防止のための主働筋や拮抗筋からの interruption²²⁾、もしくは inhibition²⁾³¹⁾、単純な EMG 測定上の relative absolute decrease³⁶⁾などと表現されている。このように、筋電図上の s. p. を解釈する上で異なった見解が多いばかりでなく、s. p. 期間についての解釈も定量的に確立した定義が見られない。例えば完全 s. p. および不完全 s. p.⁴⁷⁾ なる用語が用いられた場合も、tissue noise まで含めた完全なる休止期なのか否かの規準は明確に示されていない。こうした不明確さを解消するため本研究では先述の如く、筋放電振幅の 25 μ V 以下という設定を行なってこの現象の出現を取扱い、quiet period

(QP)の用語を用いた。現象そのものは従来報告された silent period と同一であるがより定量的な解釈を提示したことになる。

外力に抗して一定の筋緊張を持続している際に突如 force release を行なったり⁴⁾、主働筋の切換え動作を行なえば²⁰⁾⁴⁴⁾⁴⁶⁾⁴⁷⁾、EMG 上に QP が現れる。その現象を pre-motion silent period (PSP)と呼んでいる。また、一定の持続性筋収縮時にその筋の支配神経に電気刺激を加えれば QP が現れる¹⁷⁾²²⁾²⁷⁾³⁶⁾³⁷⁾。従来報告された QP 現象の多くは、上述のような実験方法を用いて研究されてきた。本報告で取り上げた QP は上述の方法とは全く異なった方法、すなわち筋の収縮状態と動作条件の固定時に現れており、しかも咀嚼時の tapping movement^{1) 2) 26) 31) 35) 41)}や、percussion on mandible⁷⁾¹⁶⁾⁴⁵⁾⁴⁸⁾に伴って現れたものでもない。咬合力を急速に増大させる固定動作中に現れた QP 現象である。このように速い随意的収縮に伴った QP については、これまでも Wachholder⁴³⁾ や Angel⁵⁾⁶⁾、Garland & Angel¹²⁾ のヒトの ballistic movement時の報告があるが、Bizzi et al.⁸⁾、Terzuolo et al.⁴⁰⁾ はサルの上肢筋についても観察している。これらの QP 出現のすべてに共通した事柄は、movement の速度が最大に達した時点に対応して現れていることである。また、猪飼²⁰⁾、矢部たち⁴⁴⁾⁴⁶⁾⁴⁷⁾ の随意動作に先行する QP (PSP) の場合も、一定の準備姿勢から急速動作を起す際の筋の収縮速度と関係して現れる²⁰⁾ことが指摘され、動作曲線の立上り速度を指標として、収縮速度の大きい場合に QP が容易に出現するとしている。脇田ら⁴⁴⁾は、急速動作の筋力上昇率を指標として猪飼らと同様な報告をしている。これらの報告は主動作に先行する QP とはいっても、常に一定の筋放電を持続中の QP であり、必ずしも本研究の動作中の QP と異質の現象であるとは考えられない。

ramp clenching による QP 出現時の raw EMG (Fig. 2)は、QP 期間前と後の筋放電波形に、振幅および周波数に差異が観察される。このように QP 前後で筋電波形が異なっている例

は、持続性筋緊張の準備姿勢から急速動作を起す際の QP 出現²⁰⁾⁴⁴⁾⁴⁶⁾⁴⁷⁾に見られ、force release mandible percussion による QP 出現時には観察されない。矢部⁴⁶⁾は QP 前後の筋電波形の相違を、tonic および phasic discharge と区別して表現しているが、実際に周波数分析を行なった結果ではなく、あくまでも波形観察上の表現である。Angel⁵⁾は、ballistic movement に伴って現れる two burst pattern について、QP 後の第2の burst と第1の burst とは異なった筋線維の収縮によるものと推測しているが、実際の証明は行われていない。したがって、本研究では QP 前後の筋放電波形上の相違を周波数分析的手法により比較し、QP 前後の筋収縮に参画する motor units の recruitment の状況を推測することにより、QP 出現のメカニズムを探る方法とした。もとより表面筋電図は、電極周辺の筋群に関与する多数の motor units の活動電位の総和であり、非同期的な spike の合成的干渉波ではあるが、この不規則信号の中から、正弦波の周波数成分のパワーを知ることにより、その筋の平均的 motor units の発射活動の特長を確率統計上推定できるからである³⁰⁾³³⁾⁴⁹⁾。

一般に、QP は脊髄レベル以下の三つの出現機序のいずれか一つ、あるいはその中のいくつかに関係するといわれる。すなわち、Golgi tendon organ からの autogenic inhibition、Renahaw cell からの recurrent inhibition、筋紡錘よりの I_a 求心性 impulse の休止である。咀嚼筋の QP の場合も、上述のいずれかに基くものであろうと解釈されているが、歯根膜の mechanoreceptor を介する jaw opening reflex の一種であって、歯を咬合の衝撃や過大な咬合力から保護するための調節機構²⁾⁷⁾²⁹⁾³¹⁾³⁵⁾とする説と、筋紡錘の I_a 求心性 impulse の関与¹⁵⁾²⁶⁾とする説が多い。

Fig. 2 の斜線部分に示したように、ramp clenching による QP は、急速に咬合力を増大させる収縮時に、しかも咬合力発現の低い時期に集中して現れており、緩やかに咬合力を増大

させる収縮時には殆んど出現していない。このQPが、歯を過大な咬合力から保護するために、Golgiもしくは歯根膜 mechanoreceptor からの inhibition に基いて現れたものならば、%MBFの高い時期にこそ抑制が働き、QPが多く出現することが予想されるが、本実験では全く出現していない。Golgi tendon organは、筋の active contraction による力に最も敏感に反応するから²²⁾、急速な筋収縮時に刺激されて α -motoneuron を抑制したとも考えられるだろう。さらに急激な筋収縮時に α -motoneuronの同期性発射があり Renshaw cell の inhibition³⁾ が働いたとも考えられよう。しかし、パワースペクトル“BEFORE QP”(Fig. 4)上に motoneuron の同期性発射や筋出力の急速なエネルギー動員が推定されるような周波数成分は見られない。また、cranial motor axon はほとんど側枝を有しないとされている²⁴⁾。したがって mechanoreceptor, Golgi および Renshaw cell の inhibition 説はこの場合該当していないように考えられる。

次に、筋紡錘の I_a 求心性 impulse の休止を仮定した場合を考察する。筋紡錘求心性 impulse の発射休止(unloading)は、筋の passive な shortening ばかりでなく active shortening によっても生ずると報告されている³⁸⁾ので、急速な筋収縮時に筋紡錘の unloading が起ることは考えられよう。また、Merton²⁷⁾の指摘のように、等尺性収縮時でも腱付着部位の elasticity に基く筋の shortening が起ることは考えられよう。しかし、上述のように active contraction が推定されるようなパターンは両筋のパワースペクトル“BEFORE QP”上に全く見られていない。また force release の方法により I_a impulse の一時的発射休止を生じさせた場合⁴⁾、QP 前とQP後の筋放電波形には大きな相違がみられないが、本研究のQPの場合には、QP前後の筋電波形は明らかに差異があり(Fig. 4)、そのパワースペクトル“AFTER QP”は“BEFORE QP”に比して著しく異なる。したがって I_a impulse の一時的発射休止とする説

も該当しないと考えられる。

咬筋、側頭筋の“AFTER QP”をみると(Fig. 4)、両筋ともにスペクトル分布は20~500Hzの周波数帯域にあり、peak frequency は140Hzであった。小泉²³⁾、三谷²⁹⁾は、中心咬合位での長秒間の中等度かみしめによる両筋のパワースペクトルについて、スペクトル分布は、大体20~500Hz、peak frequency は両筋とも120~160Hzであると述べている。Fig. 4の数値はこれらの報告と一致している。ただ小泉らの周波数分析の方法は、自己相関関数を求めて Fourier 変換を行ない、重み係数をかけて出力するデータ処理を行っており、エネルギーを間接的に知る方法である。またそのパワースペクトルも、tapping movement を何回か繰り返した場合について得られており、筋収縮過程の様相を、そのまま表現するパワースペクトルではない。

咬合力を漸次上昇させていく ramp clenching の過程の筋放電波形を収縮開始の時点から経時的にスペクトル解析すると、開始直後の弱い収縮時には、20~60Hzの周波数成分が主たる成分であるが、収縮力が増加するにしたがって周波数帯域が徐々に拡大してついには400~500Hzにまで分布するようになり、peak frequency も120~140Hz付近に移行し、100~300Hzの周波数成分が順次大きなエネルギー量を示すようになる。このようなパワースペクトルの段階的な変化過程の様相が、Fig. 5のパワースペクトル1および2に見られる。Yemm⁵⁰⁾は、咬筋、側頭筋について、収縮力を増加させていく収縮時の single motor units の recruitment の仕方は、size principle にしたがって、いわゆる orderly fashion であって、その fiber type はともに fast twitch 系に分類されると報告している。上述のパワースペクトルの段階的な変化の様相は、この事実を裏付けるものと思われる。すなわち、tonic 系 motor units による弱い収縮状態から、咬合力増大に伴って phasic 系の motor units が非同期的に収縮に参加するため、表面筋放電波形とそのパワースペ

クトル上には、周波数の増加や、スペクトル分布の拡大、すなわち高い周波数成分のパワー増大として現れるものと考えられる。QP 出現時のパワースペクトル (Fig. 4) は、低い周波数成分のみのパワーが見られる“BEFORE QP”の状態から、スペクトル分布が 500Hz にまで拡大し、しかも 100~400Hz 帯域に大きなエネルギー量を示すパターン“ AFTER QP”の状態に一挙に変化しており、わずか 30~60ms の QP 期間に、各種の motor units の recruitment が急速に飛躍的に進行したことを示唆している。また QP 出現前後のエネルギー比 AFTER/BEFORE(QP) (Table 2) が QP 出現の無かった場合 2/1(no QP) に比して顕著な大きさを示していることから、この QP が筋出力の飛躍的なエネルギー動員の仕方に関連する現象であると推定される。さらに QP 出現条件が咬合力を急速に増大させる収縮に関係しており、2.0(S) ramp clenching のように、エネルギー動員が漸次段階的に行われた場合には、現れないことから推測される (Fig. 3 参照)。 α - γ linkage による筋の servo 機構は随意収縮中にも働いている¹³⁾が、急速に筋収縮を起こす際には α -motor neuron のみの直接活動に切換えられる²⁸⁾といわれる。本研究の QP 出現は、tonic 系 motor units (低い周波数成分のパワースペクトル) によって維持された筋の緊張状態から、急速に飛躍的に大きな張力を発生させる phasic 系 motor units (中高周波数成分のパワースペクトル) の活動が付加され、主に phasic 系による収縮への切換え時に、当該筋の対応として収縮機構内に生じた現象であると考えられる。これは筋収縮上の調節機構が一時的に乱れた現象であり、servo 機構の一種の切換え調節時点でもあろう。そして、ballistic movement に伴って現れる two burst pattern は、それぞれ異なった fiber による収縮とする Angel の仮説を支持するものである。この QP は運動筋の調節の問題とも関連する現象であるので、今後より深い実験的裏付けと神経系の遮断実験によって確認される必要がある。しかし本研究は筋放

電信号を外部から分析する非侵襲的な方法であり、筋内部の収縮機構を推察する資料を提示することができたと思われる。

V. 要 約

1. 正常咬合を有する被検者を対象として咀嚼筋放電の quiet period (QP) の出現機構を解明することを目的として ramp clenching 動作とその筋放電の周波数解析を FFT プログラムにより行なった。

2. 咬合力を短時間に最大に増大させる ramp 性の筋収縮による QP の出現率は 44% であり、QP 出現の時期は被検者の %MBF の低い咬合力発揮時であった。

3. パワースペクトル “AFTER QP” にはスペクトル分布の拡大と各周波数成分のパワー増大が顕著に示されており、周波数成分のエネルギー比 AFTER/BEFORE(QP) は 2/1(no QP) に比して著しく大きく、ことに 200~480Hz 帯域において統計上有意差を示した。

4. 以上の事柄から、本研究における QP は、緩徐な収縮状態から急速にかつ強い収縮状態へ飛躍的な筋収縮の変換(切換え)が行われる際に出現すると推論する。

5. 筋収縮上の調節機構を知る手段として、本研究で使用した FFT 法を今後利用できるという資料を得た。

文 献

- 1) Ahlgren, J. (1967) Kinesiology of the mandible, An EMG study. Acta Odont. Scand., **25**, 593-611
- 2) Ahlgren, J. (1969) The silent period in the EMG of the jaw muscles during mastication and its relationship to tooth contact. Acta Odont. Scand., **27**, 219-227
- 3) Anastasijević, R. & Vočo, J. (1980) Renshaw cell discharge at the beginning of muscular contraction and its relation to the silent period. Exp. Neurol., **69**, 589-598
- 4) Angel, R. W., Eppler, W. & Iannone, A. (1965) silent period produced by unloading of muscle during voluntary contraction. J. Physiol., **180**, 864-870
- 5) Angel, R. W. (1974) Electromyography during voluntary movement; The two-burst pattern.

- Electroenceph. clin. Neurophysiol., **36**, 493-498
- 6) Angel, R. W.(1975)Electromyographic patterns during ballistic movement of normal and apastic limbs. *Brain Res.*, **99**, 387-392
 - 7) Bessette, R. W., Bishop, B. & Mohl, N. D.(1971) Duration of masseteric silent period in patients with TMJ syndrome. *J. Appl. Physiol.*, **30**, 864-869
 - 8) Bizzi, E., Kalil, R. E. & Tagliasco, V.(1971) Eye-head coordination in monkeys; Evidence for centrally patterned organization. *Science*, **173**, 452-454
 - 9) Cooley, J. W. & Tukey, J. W.(1965)An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series. *Mathematic of computation*, **19**, 297-301
 - 10) deVries, H. A.(1964)Muscle tonus in postural muscles. *Am. J. Phys. Med.*, **44**, 275-291
 - 11) deVries, H. A., Burke, R. K., Hopper, R. T. & Sloan, J. H.(1976)Relationship of resting EMG level to total body metabolism with reference to the origin of "tissue noise". *Am. J. Phys. Med.* **55**, 139-147
 - 12) Garland, H. & Angel, R. W.(1971)Spinal and supraspinal factors in voluntary movement. *Exp. Neurol.*, **33**, 343-350
 - 13) Granit, R.(1970)The basis of motor control. Academic Press. London.
 - 14) Granit, R., Kellerth, J. O. & Szumsky, A. J. (1966)Intracellular autogenetic effects of muscular contraction on extensor motoneurons. The silent period. *J. Physiol.*, **182**, 484-503
 - 15) Hannam, A. G., Matthews, B. & Yemm, R. (1970) Receptors involved in the response of masseter muscle to tooth contact in man. *Archs oral Biol.*, **15**, 17-24
 - 16) Helkimo, M. I., Bailey, J. O. & Ash, M. M. (1979)Correlations of electromyographic silent period duration and the Helkimo dysfunction index. *Acta Odontol Scand.*, **37**, 51-56
 - 17) Higgins, D. C. & Lieberman, J. S.(1968)The muscle silent period. *Electroencephalogr. clin. Neurophysiol.* **24**, 176-182
 - 18) Hoffmann, P.(1919)Demonstration eines Hemmungsreflexes im menschlichen Rückenmark, *Z. Biol.* **70**, 515-524. Hoffmann, P.(1934)Die physiologischen Eigenschaften der Eigenreflexe. *Ergebn. Physiol.* **36**, 15-108より引用
 - 19) Hufschmidt, H. J.(1960)Wird die silent Period nach direkter Muskelreizung durch die Golgi-Sehnenorgane ausgelöst? *Pflügers Arch.*, **271**, 35-39
 - 20) 猪飼道夫(1955)動作に先行する抑制機構. *日本生理誌* **17**, 292-298
 - 21) Iwase, Y., Uchida, T., Takanashi, Y., Suzuki, N., Hashimoto, M., Yamamoto, Y., Takegami, T. & Koyama, H. (1981)A silent period in sural muscle occurring prior to the voluntary forward inclination of the body. *Neurosci. Lett.*, **21**, 183-188
 - 22) Jansen, J. K. S. & Rudjord, T.(1964)On the silent period and Golgi tendon organs of the soleus muscle of the cat. *Acta Physiol. Scand.*, **62**, 364-379
 - 23) 小泉 猛(1975)実験的咬合挙上床の影響に関する筋電図学的研究. *歯科医学* **38**, 267-288
 - 24) Lorente de No, R. (1947) Action potential of the motoneuron of the hypoglossal nucleus, *J. Cell. Comp. Physiol.* **29**, 207-288
 - 25) 前田照太, 藤井弘之, 犬伏義臣(1980)咀嚼筋表面筋電図のパワースペクトルの変動要因について. *日本補綴学雑誌* **24**, 2
 - 26) Matthews, B. & Yemm, R. (1970) A silent period in the masseter electromyogram following tooth contact in subjects wearing full dentures. *Archs. oral Biol.*, **15**, 531-535
 - 27) Merton, P. A.(1951)The silent period in a muscle of the human hand. *J. Physiol.*, **114**, 183-198
 - 28) Merton, P. A.(1953)Speculations on the servo-control of movement. Churchill, London., 247-260
 - 29) 三谷春保(1974)咀嚼筋の筋電図. *神経進歩* **18**(6), 1086-1095
 - 30) Morimoto, S., Umazume, Y. & Masuda, M. (1980)Properties of potentials detected by a surface electrode in intact human muscle. *Jpn. J. P.* **30**, 71-80
 - 31) Munro, R. R. & Griffin, C. J.(1970)Analysis of the electromyography of the masseter muscle and anterior part of the temporalis muscle in the open-close-clench cycle in man. *Archs. oral Biol.*, **15**, 827-844
 - 32) 長沢 享, 棟久信宏, 豊岡博夫, 浜田泰三, 津留宏通 (1971) Tapping movement 時に咀嚼筋に発現する silent period に関する筋電図学的研究. *廣大歯誌* **6**, 13-18
 - 33) 永田 晟, 室 増男(1982)表面筋電パワースペクトルのパターン分類—静的・動的運動様式との関連. *人間工学* **18**, 35-42
 - 34) 鮫島宗弘(1973)表面筋電図のスペクトル解析. *臨床脳波* **15**, 375-383
 - 35) Schaerer, P., Stallard, R. E. & Zander, H. A. (1967)Occlusal interferences and mastication. An electromyographic study. *J. Pros. Dent.*, **17**, 438-449
 - 36) Shahani, B. T. & Young, R. R.(1973)Unloading reflex and the silent period studies of the

- normal human silent period. New. dev. Electromyogr. clin. Neurophysiol., **3**, 589-602
- 37) Schieppati, M. & Crenna, P. (1979) Silent period and muscle mechanics in human soleus muscle. Electromyogr. clin. Neurophysiol., **19**, 511-518
- 38) Struppler, S. T. (1975) Silent period (s. p.) Electromyogr. clin. Neurophysiol., **15**, 163-168
- 39) Takanashi, Y. (1980) A silent period in triceps surae muscles occurring prior to the voluntary forward inclination of the body. J. Kyoto Pref. Univ. Med., **89**, 957-970
- 40) Terzuolo, C. A., Soechting, J. F. & Palminteri, R. (1973) Studies on the control of some simple motor tasks. III Comparison of the EMG pattern during ballistically initiated movements in man and squirrel monkey. Brain Res. **62**, 242-246
- 41) 豊岡博夫, 佐々木元, 山科 透, 棟久信宏, 長沢 享, 津留宏道 (1975) 抜歯前後の咀嚼筋活動の変化を観察した一症例. 特に silent period について. 広大歯誌 **7**, 63-69
- 42) Uhrich, M. L. (1969) Fast Fourier Transform without sorting correspondence. IEEE Trans. audio and electronics 170-172
- 43) Wachholder, K. (1928) Wirkürliche Haltung und Bewegung insbesondere im Lichte electrophysiologischer Untersuchungen. Ergebn. Physiol. **26**, 568-775
- 44) 脇田裕久, 長井健二, 八木規夫, 矢部京之助 (1981) 反応動作におよぼす動作前 silent period の影響. 体育学研究 **26**, 2
- 45) Watt, D. M., Turnbull, J. R., Saberi, M., Beyli, M. S. & Aguilar, E. (1976) The influence of percussion, occlusion and mastication on the occurrence of silent periods in masseter muscle activity. J. Oral Rehabilitation, **3**, 371-385
- 46) 矢部京之助, 村地俊二 (1975) 随意動作に先行する silent period の役割. 日本生理誌 **37**, 91-98
- 47) 矢部京之助 (1977) 人体筋出力の生理的限界と心理的限界. 杏林書院
- 48) 山科 透, 藤井秀世, 棟久信宏, 長沢 享, 津留宏道 (1977) 歯周感覚が咀嚼筋活動におよぼす影響に関する研究. 日本補綴学雑誌 **21**, 121-128
- 49) 八名和夫, 斎藤陽一 (1977) 筋集合電位の確率モデル. 医用電子と生体工学 **15**, 164-169
- 50) Yemm, R. (1977) The orderly recruitment of motor units of the masseter and temporal muscles during voluntary isometric contraction in man. J. Physiol., **265**, 163-174

<付 記>

* Fourier 級数および高速 Fourier 変換について

二つの変換

$$c_j \sim \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} f_k e^{-\frac{2\pi i}{N} jk} \dots\dots\dots(1)$$

$$f_k \sim \sum_{j=1}^{N-1} c_j e^{\frac{2\pi i}{N} jk} \dots\dots\dots(2)$$

を考える。(1)を有限 Fourier 変換, (2)をその逆変換と称する。ω = e^{2πi/N} として行列形式で(1), (2)を表現すると

$$\begin{pmatrix} c_0 \\ c_1 \\ \vdots \\ c_{N-1} \end{pmatrix} = \frac{1}{N} \begin{pmatrix} 1 & 1 & \dots\dots\dots 1 \\ 1 & \omega & & \omega^{N-1} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & \omega^{N-1} & & \omega^{(N-1)^2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} f_0 \\ f_1 \\ \vdots \\ f_{N-1} \end{pmatrix} \dots\dots\dots(3)$$

$$\begin{pmatrix} f_0 \\ f_1 \\ \vdots \\ f_{N-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & \dots\dots\dots 1 \\ 1 & \omega^{-1} & \dots\dots\dots \omega^{-(N-1)} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & \omega^{-(N-1)} & & \omega^{-(N-1)^2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_0 \\ c_1 \\ \vdots \\ c_{N-1} \end{pmatrix} \dots\dots\dots(4)$$

がえられる。

さてこのままで計算すると, 全体で N² 回の乗算を行わねばならない。この乗算回数を 2N log₂ N にまで低減したのが Cooley, J. W と Tukey, J. W⁹⁾ であった。その後いくつかのアルゴリズムが出されたが, いずれも彼らの報告を基礎とするものであり, 高速 Fourier 変換 (Fast Fourier Transform) と呼ばれている。彼らの論文はわずか5 ページ弱の短いものであるが, さらに一般的に書かれている。本報告では, Uhrich, M. L.⁴²⁾ の考案によるアルゴリズムを修正して使用した。これによれば, FORTRAN プログラムは極めて簡潔となり, しかも結果のならば換えを必要としない。

** 内挿について

m ≦ n とする。m 次元のベクトル空間から, n 次元ベクトル空間への写像

$$V^m \ni \begin{pmatrix} c_0 \\ c_1 \\ \vdots \\ c_{m-1} \end{pmatrix} \xrightarrow{\varphi} \begin{pmatrix} x_0 \\ x_1 \\ \vdots \\ x_{n-1} \end{pmatrix} \in V^n$$

を次のように定義する. すなわち

$$i) x_0 = c_0$$

ii) $0 < j < m$ なるすべての自然数 j に対して

$$\frac{j}{m} < \frac{j}{n} < \frac{j+1}{n} \text{ となるような自然数 } i (< n)$$

が存在すれば, そのようなすべての i に対して

$$x_i = n(c_{j+1} - c_j) \left(\frac{i}{n} - \frac{j}{m} \right) + c_j$$

を対応させ, 存在しなければ何もしないような操作 $c_i \xrightarrow{\varphi} x_j$ である.

幾何学的に言えば, 縦軸上の単位閉区間 $[0, 1]$ の m 等分点 $0, \frac{1}{m}, \dots, \frac{m-1}{m}, 1$ の値 $c_0, c_1, \dots, c_{m-1}, c_m = c_0$ が与えられている時, 点 $(0, c_0), (\frac{1}{m}, c_1), \dots, (\frac{m-1}{m}, c_{m-1}), (1, c_0)$ を順次直線で連結してできた折線と, n 等分点 $0, \frac{1}{n}, \dots, \frac{n-1}{n}, 1$ をとり, 縦軸と平行な直線群との交点を求めることである.

<謝 辞>

稿を終えるにあたり, 本研究のデータ解析の面で有益な御助言をいただいた, 東京大学生産技術研究所・浜田 喬助教授および文部省・半場 哲工学博士に深く感謝します.

[学会だより]

第 1 回 IBRO 国際会議印象記

東京大学医学部第一生理	伊藤 正 男
群馬大学医学部薬理	小幡 邦 彦
東京工業大学生命化学	永津 俊 治
札幌医科大学第二生理	青木 藩
東京都老人研究所	佐藤 昭 夫

本年3月31日から4月6日にかけてスイスのローザンヌで第1回国際脳研究機構 (IBRO) 世界大会が行われた。IBRO は創立以来シンポジウムとワークショップの開催に力を注いできたが、コンgress形式の会議を開くのはこんどが最初である。1978年パリの執行委員会がこのことが決まって以来4年の準備期間があったが、とにかく第1回ということで開会前のIBROの執行委員会の気の採みようは一通りではなかった。しかしふたを開けてみると50ヶ国から1300人が参加という予想以上の盛会で、また1300人と比較的少人数であることが幸いして全員参加の朝のレクチャーも午後のシンポジウム、ポスターもやたらに混雑せずかえって快適であった。この点やたらに参加者が多いばかりが能ではないと痛感した。こんどの会の特徴は午前中毎日2~3の全員参加のレクチャーを行ったことで、演者の選定に成功していずれも素晴らしいのであった。米国の神経科学学会へ行っても新しいデータにはぶつかるがこんなに系統的な概観ができたことはない。何人もの人が感想を述べていた。私自身1つはきき逃し、もう1つ途中できくのを止めたのはあったがほかはいずれも時間の経つのを忘れて聞き入った。後から紹介される分もあるので詳しくはふれないが、一番印象にのこったのはスウェーデン、ルンド大学

Bjorklund 博士の講演で、黒質損傷で運動異常をおこなっているラットの尾状核近くにラットの胎児からとったドーパミンニューロンを注入してやるとこれが発育して尾状核中に分布し、これに伴って運動異常がなくなってしまうというのはなほだ衝撃的な発表であった。さらに海馬と中隔の間を破壊して学習能力の落ちたラットにやはりラット胎児から該当部分の組織をとり出して移植すると中隔中のコリン作働性ニューロンが軸索をのばして海馬中に再分布し、これに伴って学習能力もかなり回復するという。講演のあと興奮した聴衆が人間への応用の可能性を盛んに議論していた。

本誌44巻2号で紹介したように今国際神経科学連合結成の動きが盛んで、IBROの組織がえが試みられているが今回の大会はそのためには大変に有利な一歩となったものと思われる。大会に先立って行われた3日間のビジネスミーティングではIBROの構造改革が熱心に論じられ、具体案も形をととのえ出した。勝木IUPS副会長、Scherer IUPS庶務理事も参加されて将来IUPSとこの神経科学連合の関係をどう調整しているらよいかについていろいろと考えておられた様子であった。お互いに拮抗しないで、助け合うような形で両方の国際組織が発展することを祈りたい。

(伊藤正男)

発 達 ・ 成 長 を 中 心 に

しばらく外国へ出てないのでその空気を吸ってこようかくらい軽い気持ちで参加したが、期待をはるかに上まわる収穫があり、喜んでいる。

午前の特別講演14題は自分の専門と少し離れたところをじっくり聞けてそれぞれよかったが、ここでは午

後のシンポジウムの私の出席した分についてのみ報告する。1日目の軸索内輸送 (シンポ1, 座長, M. M. Mesulam と S. Ochs, とともに米国) は満員の聴衆であったがそれ以外は小じんまりとしていて日本からの方はほとんどみかけなかったので、紹介の価値がある

う。

シンポ8 脊髄発達の正常と異常(座長, I. W. Chubb, オーストラリアと M. S. Seller, 英国)。

M. Hollyday(米国)はニワトリ胚の各段階で脊髄にHRPを注入し、骨格筋支配様式をしらべた。摘除や移植による実験から、運動ニューロンは初期から正確に相手を識別することを示した。M. R. Bennett(オーストラリア)は同じ問題を肢を部分刺激してしらべ、初めの筋支配はランダム的に起こり、次第に間違っものが除去されることを示唆した。HRPによるデモンストレーションのほうが電気生理のより明確に思われた。M. J. Sellerは英国に局部的に多発する二分脊椎について述べ、葉酸、ビタミンCなどの妊婦への投与で出現が著しく減ることを示した。一方モデルのカーリーテイルマウスではビタミンAが関係するという。

このセッションはスピーカーが少く時間が余って、ポスター展示者がそのサマリーを5分ずつ述べるようにいわれた。3名がこれに応じ、筆者も2つのポスターのうち1つが第2志望のここに回されていたので報告したところ、活発な質問、批判をうけた。

シンポ14 ニューロンの成長と分化(座長, N. Le-Douarin, 仏と P. H. Patterson, 米)。

筆者に関連が最も深いところであったが、予備知識があるためか、新しいところがなく期待はずれであった。T. Ebendal(スウェーデン)が虹彩中の神経成長促進因子を分離しようとして、数千個の卵から材料を集め、バケツに入れてかきまわしているところを何枚かの写真で示し、これでもうまいかないと述べたのには同じ苦勞をしている筆者も苦笑した。ほかの4名はいずれも若手で、ほかの研究室の二番せんじや実験

の意義を批判されるようなものもあった。

シンポ20 栄養と脳(座長, J. M. Celedom, チリと J. Dobbins, 英)。

4題はチリでの状況や動物実験でのIQ、行動、脳の発達が低栄養で劣るが、次第に回復すること、これに手厚いケアやリハビリテーションを加えると促進することが述べられた。筆者の不勉強の分野であるので、評価はできなかった。ほかの2題が興味深かった。J. Mauron(スイス)はコーヒー、紅茶、緑茶の中枢神経効果と成分との関連を話し、緑茶にのみ抗ストレス物質が存在することを示した。あとで筆者と「日本人は毎日緑茶を飲むがその薬理作用には無関心だ」などと談笑した。R. Ashkenazi(イスラエル)は鉄欠乏の神経効果を述べ、鉄はドーパミン系ニューロンに多く、欠乏するとその神経症状が出現するとともにドーパミンレセプター、MAO、5HT含量が低下していることを示した。

シンポ27 神経筋疾患と修復(座長, M. Bahemuka, ケニアと A. Gorio, 伊)。

ケニアの座長はスピーカーも兼ねていたが、無断で欠席し、スピーカーの一人も急に手術を受けてピンチヒッターが出るなど無事進行とはいいがたかった。前半の3題は末梢神経における各種のニューロパチーの問題で臨床、糖尿病マウスを扱った。後半の3題は神経末端の問題のようであったが、筆者は帰国時間の都合で退席した。そのスピーカーであったGorioとは旧知なので休憩時間に話した。ガングリオンドの神経成長に対する効果を主張した。

(小幡邦彦)

神経生化学の立場より

Hökfelt(スウェーデン)は、免疫組織化学法を用いて、同一ニューロンでの古典的神経伝達物質である生体アミンと生体ペプチドの共存を検索した。現在までに認められたアミンとペプチドの共存は、ドーパミン/コレスチキニン、ノルアドレナリン/ソマトスタチン、ノルアドレナリン/avian pancreatic peptide(APP)、ノルアドレナリン/エンケファリン、アドレナリン/APP、セロトニン/サブスタンスP、セロトニン/thyrotropin releasing hormone(TRH)、アセチルコリン/vasoactive intestinal polypeptide(VIP)

である。同一ニューロン内に2種のペプチドの共存することも認められ、ACTH/ β -エンドルフィン、コレスチキニン/ガストリン、サブスタンスP/TRH、サブスタンスP/コレスチキニン、ソマトスタチン/APP、エンケファリン/APPの共存が認められている。アミンとペプチドの共存の場合、アミンが神経伝達物質であり、ペプチドはアミンの調節物質(neuromodulator)であると推定されるが、ペプチドが神経伝達物質として働く可能性も考えられる。

黒川教授(日本)は神経細胞の細胞骨格蛋白質

(cytoskeletal protein)について、軸索流を応用した標識ペプチドの電気泳動による分析と電子顕微鏡による超微形態分析によってみごとな解析を行った。電気泳動による細胞骨格蛋白質の分子量分析により、200k, 160k, 68k の triplet peptides は neurofilament の構成ペプチドであり、56k, 53k のペプチドは tubulin の構成ペプチドであり、43k のペプチドは actin の構成ペプチドであることが立証された。

Thoenen (西ドイツ) は逆行性軸索流 (retrograde

axonal transport)について、神経終末で特異的に物質がとりこまれて細胞体へ輸送される “Specific” retrograde transport と、神経終末部に物質が高濃度に存在する場合におこる “nonspecific” retrograde transport とが区別されることを提唱した。例えば神経成長促進因子(nerve growth factor, NGF)は “specific” な逆行性軸索流で細胞体へ輸送される。

(永津俊治)

運動系を中心に

「感覚情報の運動機能に果たす役割」という観点から、筆者が関心を持って出席した次の3つのシンポジウムについて感想を述べてみたい。

1. New advances in sensory testing
2. Sensory substitution and neural prosthesis
3. Motor control and rehabilitation

1のセッションでは7題の発表があり、視覚を中心とした臨床的な感覚機能テストの意義について討論された。筆者にとり印象的だったのは、従来のフラッシュによる VEP(視覚誘発電位)の応用としてテレビスクリーン上の checkerboard reversal pattern(白黒の格子じま模様交互に反転)による pattern VEP が視覚系障害の鑑別診断に有用であり実際に使用されているということであった。2のセッションでは13題の発表があり、視覚または聴覚障害がある場合の代償機能装置について討論された。注目されたのは、単なる感覚機能代償にとどまらず、積極的に運動機能に役立たせようとする試みがなされていることである。その例として Bachy-Rita (米) は、Tactile-vision substitution system で、頭部に装着した小型テレビカメラでえられる spatial information を vibrotactile stimulator または electrode として皮膚面上に加える

装置を開発している。この場合、resolution の点からはあまり重視されていなかった背中、腹部、大腿部などの身体各部の皮膚面に stimulation matrix を配置し、えられた情報を3次元の空間情報とする。トレーニングにより、盲人が周囲空間のかなり複雑な形状の物体や顔まで見分けられるようになり、実際に眼前の障害物を巧みにさけて歩行する映画は印象深かった。今後さらにこの方面の研究が進み、脳の plasticity に基づくとみなされる能力が明るみに出ることが期待された。3のセッションでは、発表演題が4と少なかったが、そのかわり充分に時間をとり、脊髄、脳幹、大脳皮質運動野のそれぞれのレベルにおける反射および随意運動機能についての研究成果の発表がなされた。このセッションで目立ったのは島津教授(東大脳研)の発表で、前庭動眼反射に関し、長年の研究に基づくみごとなニューロン回路網のシェーマが図示され、出席者に感銘を与えた。

学会は日曜日をはさみ正味5日間で、朝8時30分から夕方6時30分までとかなりハードスケジュールであったが、参加者は最終日まで終始熱心に出席し、各国の研究者同志の交流という観点からも意義深い大会であった。

(青木 藩)

自律神経系を中心に

自律神経系の分野においては、2つのシンポジウムが開催され、両者とも、西独キール大学の R. F. Schmidt 教授および W. Jänig 教授の労によってアレンジされたものである。両教授は、体性感覚神経刺激によって誘発される自律神経機能の反射性反応の研究を

強力に推進していることで知られている。現在自律神経系の反射の研究は、反射の求心路として体性感覚神経刺激を用いることによって全く新しい展開を見せつつある。両教授とも、そのような体性-自律神経反射をこれまでに多数の研究がなされている内臓-自律神

経反射と対比させながら研究を展開しようとしており、この分野のリーダー・グループに属する。

まず、本会議に先行して、3月28日から3日間、西独キール大学でサテライトシンポジウムが開催された。このシンポジウムは、「ヒトと動物における自律神経系機構：神経生理学および病態生理学」の副題のもとに約30名の招待講演者により小規模な closed symposium として行なわれた。

第1部では、「自律神経系の一般の機構」について自律神経分野の第1人者による講演が行われた。基礎的立場から、G. Gabella(英国)、C. McC. Brooks(米国)、G. Burnstock (英国)、臨床的立場から、R. Johnson(オーストラリア)、Sir Roger Bannister (英国)、O. Appenzeller (米国) が自律神経系の現状について講演した。また evening lecture ではスウェーデンのB. Folkow が「交感神経機構に関する概念の過去と現在」という主題で1時間にわたる講演を行ない、自律神経系の研究は末梢レベルから一步一步積み重ねそれを基礎として中樞レベルまでに発展させる必要性のあることを強調していたことが印象に残る。

第2部では、「ヒトと動物における交感神経ニューロンの発射様式の比較検討」について8題の発表がなされたが、その中で特に B. G. Wallin, G. Sundlöf (スウェーデン) のヒトの皮膚あるいは骨格筋神経内に含まれる交感神経遠心性放電活動に関する発表は、W. Jänig の同じ手法を用いた動物実験による研究発表と比較できて興味深かった。動物を用いた基礎的研究が徐々にほぼ類似の研究手法を用いて人体に適用されてきている事実を印象づけていた。

第3部では、「脳から切断された自律神経調節」が取り上げられ、基礎的研究では、慢性脊髄ネコを用いての膀胱の排尿反射の研究について、日本からは佐藤が、米国からは W. C. de Groat が発表した。臨床的研究ではヒトの脊損患者の交感神経機能について、英国の H. L. Frankel, C. J. Mathias, スウェーデンの L. Stjernberg, B. G. Wallin, オランダの E. Peterson らが大変な労力を必要とする研究の成果を発表したが、脊損患者の排尿・排便機能のほか、血圧および発汗などの自律神経性調節の研究も行なわれつつあることが強調された。

第4部では、「交感神経系と痛み」が取り上げられた。英国の P. W. Nathan は神経病学の立場からノイローマにおける交感神経と痛みについて、スウェーデンの R. Hallin は、慢性の痛みをもつヒトの感覚神経

感覚電位と交感神経性の活動電位を記録する方法について、イスラエルの M. Devor はラットにおける障害された求心路の化学性感受性について発表した。全体をとおして基礎と臨床の両者の研究を対比させながら発表の配列が考慮されていた。

もう1つのシンポジウムは本会議の第1日目に開催され、W. Jänig と R. F. Schmidt 両教授の座長のもとに4時間にわたり行なわれた。このシンポジウムでは、自律神経機能の末梢性機序に焦点を絞り、次の4人がおのおのの専門分野領域における最近の研究動向について講演した。D. Hirst(Canberra)は、末梢シナプス研究における薬理的アプローチについて、C. Bell(Melbourne)は、末梢神経系の多数な神経伝達物質の同定方法について、E. McLachlan(Melbourne)は、自律神経節のシナプス伝達様式について最近の成果を講演した。最後に、W. C. de Groat(Pittsburgh)は、膀胱の排尿機能の中樞性反射の研究について電気生理学的手法および組織学的手法を併用した最近の研究の流れを簡単に総説していた。4人の講演を通じて、自律神経系の研究の今後の方向は多様な研究方法を駆使することによって中樞機序の解明に向かうことが示唆されており、主催者のみごとな演出を感じさせられた。

本会議のシンポジウムのうち1時間は、ポスター・セッションであった。1時間に25もの演題のポスター発表があったため、時間が絶対的に不足し、1つ1つの発表を十分に聞くという事はできなかったが、K. M. Spyer(英国)らの圧受容器から孤束核への投射に関する細胞内記録法を用いた研究や D. Jordan (英国)の心臓迷走神経のシナプス伝達機構の研究、本間生夫(日本)のヒトにおける呼吸と感覚におよぼす胸壁の振動刺激の効果に関する研究など、多数興味ある発表があった。

今回、世界のトップクラスの自律神経系研究の現状をつぶさに聞き、今後の研究はどう進むべきかを考えさせられた。自律神経系の分野において、日本は、歴史的にみて呉、沖中両教授以来、臨時的研究で多大の業績を積み重ねてきていることは周知のとおりである。この伝統を生かし、基礎医学研究者は臨床医学と協力し連携をとりながら自律神経系研究を推進させることが大切と思われる。ヨーロッパでは、自律神経系の研究がそのような方向にすでに動き出していることをこの短い印象記によって知ってもらえたら幸いである。

(佐藤昭夫)

〔生理学の広場〕

会則改正の臨時会費制について

昭和57年3月31日の第59回日本生理学会大会総会で、次の条項を会則の内規8項としてつけ加えることが承認されました。

「臨時会費として3,000円を納めたものは、当該年度のみ、本会の主催する大会および地方会に会員と連名で業績を発表することができる。」

この条項を入れる必要が生じた事情について説明して、会員の皆様の御理解を頂きたいと思っております。従来の会則では、年会費（1～12月）6,000円を納めて会員にならないと、大会あるいは地方会で発表できないことになっていました。例えば、臨床教室から2～3年生理学教室に勉強にきて、大会で研究成果を発表して臨床にもどる場合など、大会の前年の秋の予稿締切の段階で会員になることを要請されますので、そこで6,000円を納めます。すると事務局はその年の1月にさかのぼって機関誌を送らなければならないので、場合によっては機関誌の不足が生ずることがあります。翌年は大会で発表の年ですので、また6,000円を請求されます。その次の年は、特に退会の届がなければ（通常ない）、事務局からは会費納入の当てがなくても機関誌を送りつけなければなりません。その年の暮に会費の納入がないことがわかって、やっとその翌年からもとに戻ることができます。これが従来の会則通りに行われた場合の経過ですが、実際には会費を2年分（これでも3年分の機関誌には見合いませんが）出してくれる人もいるし、そうでない人もいて、事務局に苦情がきて困らされたり、事務が大変混乱していたのが実情です。また、外国で研究して外国人と連名で大会に発表する場合も、その外国人に会員になってもらわな

ければならないので、上記と同じことがおこり、事務局の混乱や会員の不満がありました。

今回臨時会費制を設けたのは、以上のような混乱や苦情を解消するための現実的な措置です。臨時会費の3,000円は会員の年会費の1/2という意味で、会費が上がればそれにつれてスライドすることになっていきます。年会費の1/2にした理由はいくつかあります。臨時会費を納めても会員ではないので、機関誌の配布は受けられないし、また会員と連名でなければ発表できないという制約がつくので、年会費より安くするのが妥当と考えました。一方、抄録集に著者名が出て、原著論文として認められるというメリットがありますので、会費の1/2は頂戴してよかろうということになりました。会計的にも年会費の約1/2が機関誌経費になっていますので、適当な額であろうと判断した次第です。

外国人と連名の場合は、その外国人の臨時会費3,000円は、発表する会員が責任をもって払って下さるようお願いいたします。また、臨時会費を納めてその年だけ発表する人には、抄録演題の発表者名の所に※印をつけて非会員であることを明記することになりましたので、御了承下さい。

なお、現在会員の種類として、会員、準会員、特別会員、名誉会員がありますが、それと並んで、臨時会費を納めたものを臨時会員として会則5条に並記する案も検討されましたが、時期尚早であろうという結論になり、内規に入れたことを付記します。改正された会則は日生誌44巻5号の巻末にのせてあります。

（島津 浩）

〔編集後記〕

本年4月から、河田先生の後をうけて九州地区の編集委員を務めさせて頂くことになりました堀です。どうかよろしくお願い申し上げます。

日生誌、44巻7号をお届け致します。昨年来の新しい編集方針に則った誌面作りも会員の皆様方の御協力を得て、順調に進んでおり、更に充実させたものにし

たいと念じております。

本誌は学会機関誌として業績発表と会員相互の情報および意見交換の場の2つの機能があるわけですが、前者については約10年前からその機能を充分果しているとはいえない状態になっております。会員の研究活動が盛んになり、業績数が飛躍的に伸びているにも拘らず、本誌の原著、短報の数は36巻以後、急激に減っております。これは既に指摘されている通り、海外専

門誌への投稿が増加しているためであります。業績をどのジャーナルに投稿するかという選択には業績の性質と照らし合わせた読者層、読者数、ジャーナルの質と権威、出版速度などが決定要因となるでしょう。同様の選択の問題は業績を口頭発表すべき学会についても起ります。この場合は選択の条件として更に、学会出席のための旅費と時間、出席した時に期待できる情報量の大きさなどが加わるでしょう。このようなことは当然、学会間の競争を惹起します。北米神経科学学会が米国生理学会の神経生理学を殆どからにし、またIBROとの間も怪しくなりかけたのは耳新しいところですが。このような事情もあって、第1回IBRO国際会議印象記を5人の先生方にお願ひしました。

最近、米国を中心に「電子ジャーナル」の発行が論議を呼んでおります。研究者はジャーナル発行会社へ業績を送り、読者は電話回線を通じミニコンで利用する方式であります。これにより投稿から発表までの時間の大幅な短縮と編集負担の軽減が得られますし、この種の通信手段がもっと進展すると、上記の学会出席

の問題も解消されるかもしれません。しかし、その時、我が生理学会はどのような形で存在しているでしょうか。

生理学会や学会誌の将来を決定するのに、もっと重要なのは生理学研究の今後の流れと方向であります。現在、生理学研究者をお互いに結びつけている絆には生理学独自の思考、方法論、問題意識などを含めた共通原理のようなものであります。春の日吉の大会での解説講演の要旨が本号より順次掲載されますが、大会でのこのような試みは学生教育のためばかりでなく、発展分化した各分野の知識を生理学全体の中で捉えるという意義もあったと思っております。

生理学会および学会誌の将来を考えるに当って、最後に忘れてならないのは生理学会の歴史であります。来年は第60回大会で「還暦」を迎えます。我々は何処から来て、何処へ行こうとしているのでしょうか。これに限らず、いろいろな問題や話題について「生理学の広場」への御投稿をお願いする次第です。

(堀 哲郎)

— 編 集 委 員 —

酒井敏夫(幹事)	馬詰良樹	上山章光
田中励作	中村嘉男	平野修助
菅野富夫(北海道)	中浜博(東北)	新島旭(関東)
永坂鉄夫(中部)	品川嘉也(近畿)	村上憲(中・四国)
堀哲郎(九州)		

新生理学 — 形態と機能 — <新刊>

岡本彰祐・坪井 實・岡本歌子 編 B5・288頁・定価5,800円

薬学生を主とした教科書。形態と機能の相関を踏まえながら、最近の知見をできるだけとり入れてある。薬理学など関連学科への配慮も加えてある。栄養学・看護学など関連諸学科の教科書や医学生の副読本に好適。

主要目次：序論 細胞と体液／神経／感覚／筋肉／循環／血液／呼吸／消化／腎と排泄／内分泌／生殖／体温

生理化学演習 <新刊>

志賀 健 著 A5・176頁・定価3,500円

生理学を理解するのに必要な物理化学の概念、浸透圧、pH、エネルギーから始まり、生物科学の領域で関心の高い酵素反応、酸化還元、膜の透過・輸送・電位など生命現象の基本に関わる問題を身近な例を問題として取り上げ、理解を深めるように配慮されている。

主要目次：1章 水・浸透圧 2章 pH 3章 生体と自由エネルギー 4章 リガンド結合 5章 速度論 6章 酵素反応 7章 酸化・還元 8章 膜透過・膜輸送 9章 膜電位

神経伝達物質 — アミノ酸とアミン —

高垣玄吉郎・永津俊治 編 A5・248頁 定価3,800円

エリオットに始まった神経インパルスの化学的伝達物質の研究は、75年経た現在5人のノーベル賞受賞者を生みだした。本書は現在までの知識を整理し、神経伝達機構研究のこれからの方向を示唆する最新の解説書である。

主要目次：1. シナプス伝達と伝達物質 2. 興奮性アミノ酸 3. 抑制性アミノ酸 4. アミノ酸伝達物質の作動機構 5. カテコールアミン 6. セロトニン(5-ヒドロキシトリプトタミン) 7. ヒスタミン 8. アミン伝達物質の作動機構—電気生理の立場より

心臓血管系の力学と基礎計測

沖野 遙・菅原基晃・松尾裕英 編 A5・504頁・定価8,000円

循環という現象を、医学者、工学者が一体となり、疾病心と正常心を対比させつつ可能なかぎり力学的に解説した待望の書。最新の臨床生理的計測法も収録し、広く学生、研究者、臨床医師向けに解説。

主要目次：序論 心臓血管系の力学的特性と挙動 心臓／血管 心臓血管系内の血液の流れ、血液／心臓血管系の流体力学／心臓血管病変と血液の流れ 微小循環 微小循環の生理学的研究法／微小循環系の基本的構造・脈管活動・生理的血行力学／微小循環系における血球成分の挙動／血漿分離流／自己調節／物質交換 計測 圧力計／電磁流量計／超音波による血液計測／ホットフィルム流速計／レーザドプラ血流計測／微小循環計測法／流れの可視可

内分泌実験講座(全7巻)

編集：鎮目和夫・井村裕夫・矢内原 昇

A5/各巻・平均330頁/各巻・定価5,800円

<刊行中> 内容案内請求は下記へ

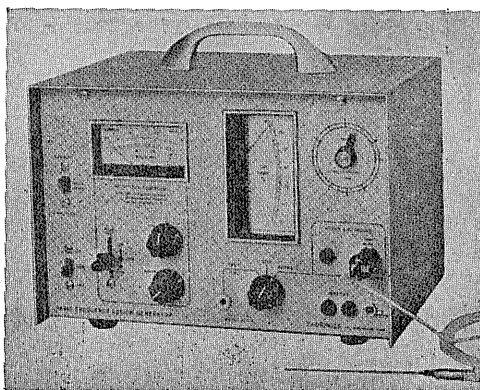
0.7mmのリージョンから脳浮腫までを
均一なサイズ、すばらしい再現性をもって作成する!

RADIONICS社

動物用

高周波

RF リージョン ジェネレータ



主な特徴

- Lesion Generator による損傷は、小動物の脳組織の損傷に適しており、また手技が極めて簡単です。
- いくつもの損傷条件(損傷温度、損傷時間)でも生体組織に出血をひきおこすことはありません。
- 熱センサーによって損傷組織の温度を正確にコントロールすることができ、再現性、均一性に優れた損傷巣を作製することができます。
- 50℃以上の損傷条件では、損傷温度が高ければ高いほど、また損傷時間が長ければ長いほど大きな損傷巣を作製することができます。
- 外部の刺激装置と本体を接続することにより、同一電極から電気刺激を与えることもできます。

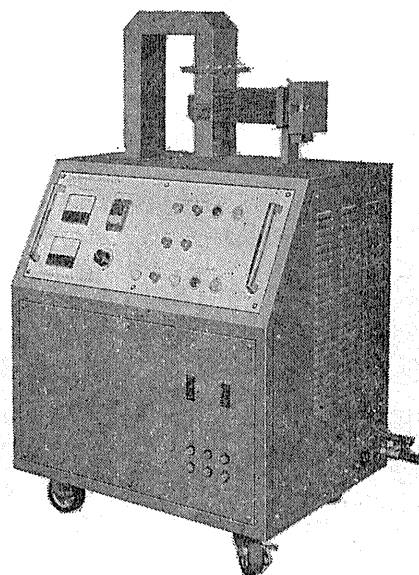
実験動物脳内酵素不活性化装置

東芝マイクロウェーブ
アプリケーション
アプリーケータ

TMW-6402A型

実験動物の脳内物質の測定に先立ち、測定物質に関連する諸酵素を不活性化する方法として凍結法があります。しかしながら凍結法では生体内酵素を不活性化させるまでにかなりの時間を必要とし、この間に測定物質が変化するおそれがあります。

最近この解決方法としてマイクロウェーブの瞬時照射により諸酵素を不活性化する方法が用いられるようになりました。とくに照射後は凍結法で行われる低温処理の必要もなく室温にて処理ができ、安定した測定値が得られます。アセチルコリン、サイクリックAMP、サイクリックGMP、GABA、DOPA、5-HTP、セロトニン、カテコールアミンとその代謝産物、エンドルフィンなどの正確な測定の前処理装置として薬理学、生化学、生理学、内科学など広い分野にご活用いただけます。



主な特長

1. 均一な照射が得られ、更に従来組織破壊の見られた視床下部もきれいに残ります。
2. アプリケータ内のラットの脳波を記録することができます。
3. サイズの異なる実験動物を使用する場合、ホルダーを交換するだけで済むので手間がかかりません。
4. マイクロ波エネルギーは0~5,000Wまで連続可変、照射時間は0.1~9.9秒まで0.1秒単位で設定できます。
5. 電源部・アプリケーション部・出力部が1つにまとまっているので設置に要するスペースが少なく済みます。

日本総代理店

室町機械株式会社

〒103 東京都中央区日本橋室町4-3(大辻ビル)
電話 (03)241-2444(代表)

2点間の電位差を ダイレクトに捉える

ME-3241は2つの独立したプリアンプを備えた差動型の微小電極用増幅器です。各プリアンプから直接の出力で異なる2点の同時観測もできるなど、豊富な機能が注目されています。

- 操作しやすい小型化プローブ
微細な操作のしやすい小型化プローブを採用
- 刺激通電をしながら観測可能
チャンネル別に外部装置を使った通電が可能
- 電極抵抗値をデジタル直読
ブリッジのバランスで電極抵抗が読み取れます
- 差動増幅器をビルトイン
2つの電極の電位差が1台の装置で検出可能



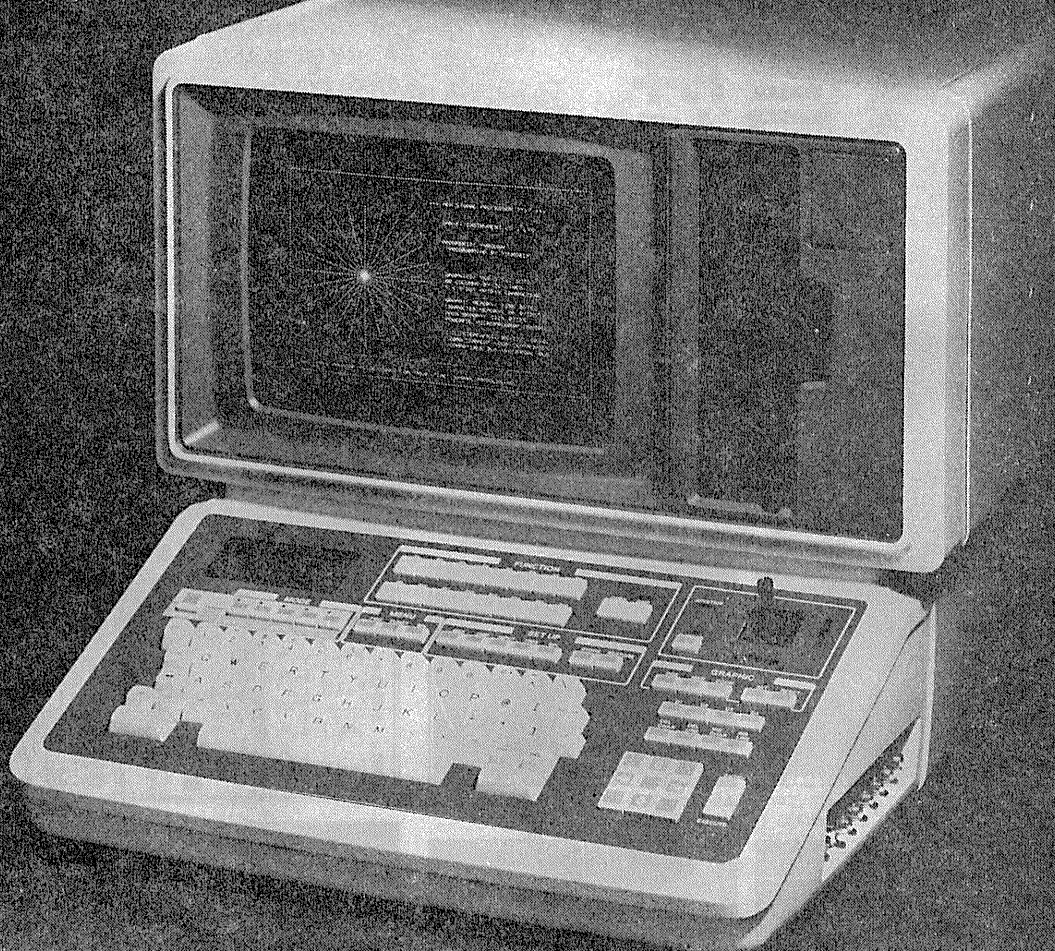
差動型微小電極用増幅器

ME-3241

株式会社
エム・イー・コマーシャル

本社 〒166 東京都杉並区和田3-54-11 ☎(03)317-1451(代)
大阪営業所 ☎(06)380-2601 名古屋営業所 ☎(052)451-3255 広島営業所 ☎(0822)92-3581 福岡営業所 ☎(092)863-2757

最大20チャンネルの高速処理 卓越したグラフィック機能。



- 多チャンネルリアルタイム処理
- 12インチの大形ブラウン管を彩用
- フロッピーディスク(8インチ)搭載
- BASIC言語でプログラム作成可能
- 多彩なインターフェイス
- サーマルプリンタを標準付属

シグナルプロセッサ

NEW 7T17

シグナルプロセッサ7Tシリーズの最高機種として7T17を新開発しました。最大20chの生体データを高速処理できるため、能率的な多チャンネル解析をおこなえます。

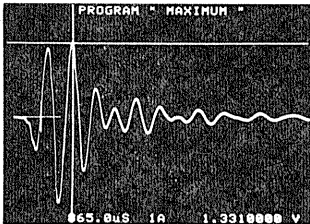
明日の健康と福祉を守る

San-ei 三栄測器

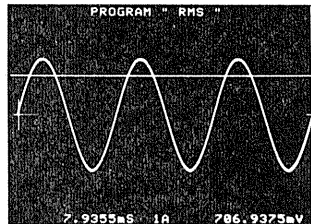
東京都新宿区大久保1-12-1 〒160 ☎03(209)0811(代)

波形解析 プログラム搭載!!

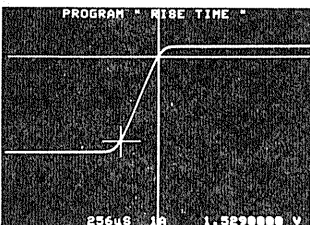
オシロの概念を超えて
新登場



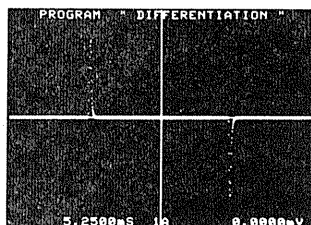
▲最大値測定例：最大値プログラムによりこの波形の最大値が1.331Vであることがわかります。



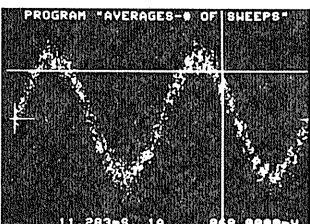
▲実効値測定例：RMS計算結果は水平カーソルと共に数値(706.9mV)で表示されます。



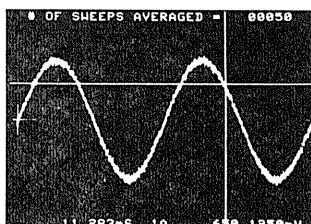
▲立上り時間測定例：プログラムの実行により10%・90%値の電圧差と立上り時間(256μs)を計算します。



▲矩形波の微分を実行し、垂直軸の拡大率を16倍とし表示させました。



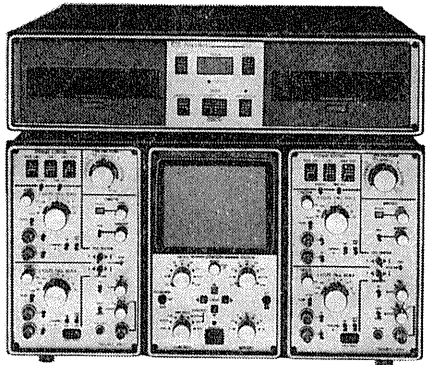
▲上図はS/N(信号対ノイズ)比の悪い信号を50回平均加算したものです。



4094は定評あるmodel 2090シリーズの姉妹機種。マイクロ・プロセッサ複数搭載の新しいアーキテクチャが驚異の機能を実現しました。
なかでもディスク・ベースで供給される種々の波形解析プログラムが微分・積分、掛算、RMS(実効値)などの計算を実行します。現在可能なプログラムを次に示しますが、ニコレーでは今後も順次新しいソフトウェアを発表してまいります。あなたの問題解決に活用下さい。

プログラム・リスト

- カタログ(バージョン1.0) ●絶対値 ●加算 ●面積 ●平均値 ●アベレージ回数 ●センタリングOV ●微分 ●ディスケット・コピー ●水平シフト ●積分(AC) ●反転 ●最大値 ●最小値 ●掛算 ●立上り時間 ●RMS(実効値) ●スケール(0-200%) ●3点スムージング ●減算 X-Y=Y ●タイトル ●垂直シフト



デジタル・オシロスコープ

model 4094シリーズ

- 分解能：15ビット(485Iプラグイン)、12ビット(4562プラグイン)
- サンプリングタイム：100kHz(485I)、2MHz(4562) ●メモリ容量：16Kワード ●プリトリガ、ポストトリガ機能 ●デジタル拡大：×2～×256水平・垂直共(2ⁿステップ) ●デジタル読み取り ●アベレージ機能 ●外部記憶：ミニ・フロッピー・ディスク320Kワード(オプション) ●波形解析機能 ●CRT：8×10cm

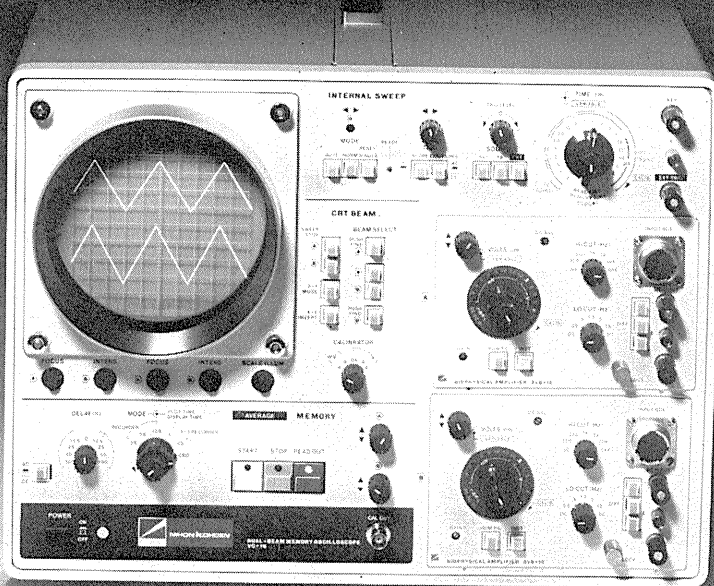
■資料の請求・製品デモのご依頼をお待ちしております。



NICOLET
JAPAN
CORPORATION
ニコレー・ジャパン株式会社

〒153 東京都目黒区東山1丁目1番2号
東京 ☎03 (715)2551(代)
大阪 ☎06 (305)2150(代)
名古屋 ☎052(741)2150(代)

グレードアップして新登場!!



2-4現象 メモリオシロスコープ VC-10

DUAL-BEAM MEMORY OSCILLOSCOPE

2chメモリ内蔵。

記憶内容を静止波形として表示できます。リアルタイム波形と記憶波形の同時表示も行えます。また、記憶内容 (X・Y) のリサーチ表示も可能です。

トリガ点前の記憶も可能。

刺激後の誘発反応だけでなく、刺激前の現象を観察することもできます。±100%までのディレイ設定が行えます。

アベレージヤ(別売)の追加可能。

誘発反応加算装置を追加することにより、2チャンネルアベレージングが行えます。

専用モニタを用意。

4現象モニタVC-MA-10は、今までと違い1ガンチョッパ方式としたため、経済的な価格でお求めになれます。

さらに性能アップしたプリアンプ群。

(VC-9シリーズも使用可能)

- ①チョッパ増幅器 (AVM-10) を使用した時も、両チャンネルの信号出力 (1V/cm) が得られます。
- ②AVH-10は、DC~10 μ V/cmの感度 (入力インピーダンス10M Ω) とLO. CUT, HI. CUTフィルタの追加によりさらに使い易くなりました。
- ③AVB-10は、入力換算雑音5 μ V以下、入力インピーダンス180M Ω 以上となり、バッファ・アンプ付入力箱により性能がアップしています。

エレクトロニクスで病魔に挑戦する



日本光電

〒161 東京都新宿区西落合1-31-4

☎03(953)1181

販売推進部宣伝課

J. Physiol. Soc. Japan Vol. 44, No. 7 (1982)

Original

HAMBA, M., NAGATA, A. and MURO, M.: Frequency analysis (FFT) on quiet
period in myoelectric signals of the masseter and the temporalis.....253

昭和五十七年六月二十日印刷

編集
兼
発行人

東京都文京区
三三〇一〇
布施ビル(四階)
日本生理学会
酒井敏夫

印刷者
印刷所

山形県鶴岡市山王町一四二四
三浦経夫
鶴岡印刷株式会社

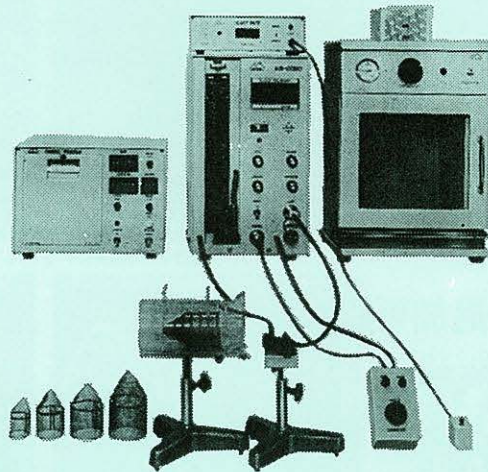
発行所

〒一三〇
東京都文京区本郷三三〇一〇
布施ビル(四階)
日本生理学会

電話
八二五一一六二四
振替東京三七八六四三〇
百〇四
百〇四

NAUME ラット尾動脈圧測定装置 KN-209

非観血的にラットの尾動脈圧を測定するデジタル血压計です。



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)