耳後部通電の作用部位に関する研究

——聴性脳幹反応の変化並びに病理組織学的検索——

日 吉 正 明

Effect of the Retroauricular Galvanic Stimulation on the Brainstem of Cats

—from the standpoint of ABR findings and histopathological changes—

Masaaki Hiyoshi

(Yamaguchi University)

The electro-physiological and morphological changes in the brainstem of the cats occurred after galvanic stimulation through the retro-auricular electrode. The resulting changes were topographically studied.

Otoneurologically healthy 18 cats were divided into three groups: the control group, the group receiving 2 mA of direct current for 20 minutes ("2 mA group") and the group receiving 10 mA for 20 min. ("10 mA group"). Auditory brainstem response (ABR) was measured in all cats at several designated time periods pre- and post-stimulation under light general anesthesia. The latency and amplitude of ABR waves I to V were calculated and compared. After the completion of ABR measurement, the animals' brain tissues were extracted according to the standardized vital perfusion-fixation method. The cortical area, where the indifferent electrode was embedded, and the brainstem were dissected for histopathological specimens. Specimens were stained using HE stains, Nissl, Klüver & Barrera and Bodian staining methods.

The findings were as follows:

1. Eye deviation induced by galvanic stimulation was observed in all animals in the "2 mA group" and the "10 mA group".
2. Changes of latency and amplitude of the I, III, and V waves on the right side (the stimulated side) were significant in the "10 mA group" compared to the control group. Similarly, the changes of latency of the I and V waves on the left side (non-stimulated side) differed significantly between the "10 mA group" and the "control group".
3. Disappearance of the II, III, IV and V waves on the stimulated side and of the II, III, and V waves on the non-stimulated side were observed in the "10 mA group". Only the V wave on both sides of the "2 mA group" disappeared.
4. Histopathological survey of the brainstem of the "10 mA group" revealed that changes occurred in the ipsilateral vestibular nuclei, cochlear nuclei, lateral lemniscus, nucleus of the facial nerve, nucleus of the abducent nerve and facial nerve bundle; and also in the bilateral reticular formation, medial longitudinal fasciculus, superior olivary nucleus and commissure of inferior colliculus.

目 次

I 緒言	2 ABRの成績
II 予備実験	1) 対照群
1 通電に関して	2) 10mA群
2 ABRに関して	3) 2mA群
III 方法と対象	4) 小括
1 対象	3 病理組織学的検索の成績
2 使用器機	1) 対照群
1) 通電刺激	2) 10mA群
2) ABR計測	3) 2mA群
3 ネジ電極の作成と設置	4) 小括
4 通電刺激並にABR計測	V 考案
IV 成績	VI 結論
1 電気性眼球偏位の成績	謝辞
1) 対照群	参考文献
2) 10mA群	
3) 2mA群	
4) 小括	

結 言

頭部殊に側頭部通電刺激により異常な生体反応、例えば電気性身体動揺反応及び電気性眼振反応、が誘発されることは、1792年 Volta が観察し、さらに自らの頭部に通電して得られるめまい感を報告したことに始まる。更に Purkinje(1820) は平衡機能の異常について、そして Hitzig(1871) は誘発されるめまい感、転倒傾向、眼振さらに通電極性の相違に従って誘発反応の変化することについて報告している。その後、通電刺激負荷時の生体反応に関する多くの基礎的並に臨床的研究が報告されている。これらの研究の臨床応用として、所謂 Galvanic test が前庭機能検査法に加えられてきた。そして臨床経験上から、本法が迷路性・後迷路性疾患の鑑別診断に役立つことが明らかにされた。

しかし、なお Galvanic test は負荷刺激の作用部位、誘発反応の発現機序について未だ解明されていない点がある。とくに、作用部位については諸説がある。それらについて、概説すると：

1) Endorgan 説；Breuer (1889) はハトを用い、三半規管を個々に電気刺激した結果、刺激部位は endorgan であろうと結論した。Brüning (1911) は Kataphorese 説をとねえ、通電により内リンパに Kataphorese が起こりクプラを刺激し反射が起こると考えた。

2) 前庭神経説；Bárány (1906) は電気緊張説をとねえ、陰極刺激及び陽極刺激による神経の興奮伝導性の増加及び低下として電気性迷路反射が成立すると説明した。石原²⁾(1920) は家兎を用い、迷路破壊、第VIII神経切断の実験結果、前庭神経各分枝の刺激閾値が異なる為、弱電流・強電流による反応が異なると結論した。Swaak ら³⁾(1976) は家兎を用い、迷路破壊時及び卵形囊神経切断時の Torsion-swing stimulation に対する反応を検討した結果、Bárány の説を支持した。

3) 前庭神経節説；G. Dohleman (1929) は家兎を用い、両側迷路破壊後、一側の前庭神経節を破壊すると再びその側の迷路の脱落症状が出現する事より、迷路性の緊張は前庭神経節より起こると考え、更に平流電流による迷路反射は電気緊張作用が前庭神経節に作用し起こると結論した。

4) 中枢説; Hitzig (1871) は、電流が大腦に作用する為と考えた。

5) 非前庭説; Bos and Jongkees⁹⁾(1963) は、臨床的にENG記録を用い、電気性眼振の緩徐相・急速相が急速に変化しない事、迷路性特発性眼振のある症例に通電負荷すると電気性眼振が特発性眼振の緩徐相に superimpose する事、さらに温度眼振と電気性眼振を同時に負荷すると電気性眼振が温度眼振の緩徐相に superimpose する事より、非前庭系であると結論した。

一方、著者の研究室においては、増田⁴⁾(1960) が、臨床的に、書字検査、足踏み検査及び Mann 検査時に通電刺激を負荷し、前庭脊髄反応を指標とした Galvanic test を報告し、さらに関谷⁵⁾(1965) が、電気性身体動揺反応の定量的検査法 Galvanic body-sway test (以下 GBSTと略)を開発し、それらの成績⁵⁾⁶⁾を報告した。また田中⁷⁾⁸⁾(1973, 1974) が、弱電流の繰返し刺激時の反応波形を加算する Computed Galvanic Body-Sway Test を開発し、それらの成績を報告⁹⁾¹⁰⁾した。これらの臨床経験より、Galvanic test の刺激部位は、前庭神経・後迷路部分であろうと推定している。特に、Vestibular neuronitis に代表される前庭神経疾患では、“slow and sluggish pattern” 即ち反応の遅れを示す¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾が、一方 C-P angle tumor など中枢性と診断された症例では無反応例が多い事を報告¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾した。

Pfaltz ら¹⁸⁾(1968) は、Photoelectronystagmography (以下 PENG と略)を用いて電気性眼振を記録し、reversal phenomenon を指標とし、臨床例180例即ち、脳幹下部、橋部、中脳及び皮質障害例を検討した。その結果より、Galvanic test は中枢前庭病変の局在診断上に重要な診断的価値があるかと結論した。

以上、国内・国外の文献上、また著者の研究室で報告してきたように、電気性身体動揺反応の作用部位は前庭神経または前庭神経及び前庭神経節が考えられる。しかし、さらに通電刺激の作用は、脳幹部におよび脳幹部での局在性が強く示唆される。

本研究では、比較的強い電流を耳後部・頭頂部間に通電することにより頭蓋内組織に機能的並に器質的障害を起こさしめ検討すべく実験を試みた。指標は、電気性眼球偏位、聴性脳幹反応 (Auditory brainstem response 以下 ABR と略) 及び病理組織学的検索である。それらの結果と併せて文献的考察を加え報告した。

予 備 実 験

1 通電に関して

本実験の実験条件設定のために以下の予備実験を行った。その大略を述べる。健康な成猫を用いた。電極設置法は単耳単極法 (unipolar test) とし、電極と電極位置及び通電電流量と時間を決定した。

自作したネジ電極を用い、陰極は、解剖学上右側頭骨乳突部三角とした。陽極の位置は、陰極固定後電気性眼球偏位を指標として陽極を移動し、矢状縫合と冠状縫合の交叉部の尾側約1 cmとした。

通電電流及び時間決定の為に、20mA 20分間及び 10mA 20分間通電を行った。結果、20mA

20分間通電例は2匹中2匹が通電終了後間もなく死亡し、10mA 20分間通電は2匹中1匹が3時間後に死亡した。以上より10mA 20分間通電を採用した。次に1 mAから5 mA の漸増法による通電を行い、2匹中2匹ともに電気性眼球偏位を解発する最低量として2 mA を用いることにした。

ネジ電極を頭蓋骨及び側頭骨に刺入・固定して検査を行った後開頭し、電極先端の位置を検索した。結果、電極先端が頭蓋内に突出している部分では、点状あるいは斑状のクモ膜下出血を認めるものがあった。従って電極先端は、骨内に設置するよう努力した。

図1 通電用並にABR用電極設置位置

2 ABRに関して

猫ABRの記録の方法は、教室の野口の方法を改良し、用いた。即ちネジ電極設置法を用いた。これは電極の固定の容易さ及びABR波形の定常性が期待できる。予備実験の結果、陽電極は矢状縫合と冠状縫合の直前、接地電極は陽電極の鼻側1cmの位置、陰電極は左右ラムダ縫

合の直上で正中より約2cmの横静脈洞を避けた位置とした。図1に通電用並にABR用電極設置位置を示す。

次にABR測定時間は、通電後24時間ABRの経時の変化を観察した結果より、通電前、通電終了直後、1, 2, 3, 12及び24時間後の7時点とした。

方法と対象

1 対象

動物は神経耳科的にみて健康なる猫（子猫6匹、成猫12匹）を用いた。

2 使用機器

以下、実験中諸計測は電氣的にシールドされた無響室内で行った。

1) 通電刺激

電子管刺激装置（日本光電製MSE-3R）及び電圧計を用いた。

2) ABR測定

シグナルプロセッサ（三栄測器製7S11）、X-Yレコーダ（日本光電製8U11）及びスピーカーを用いた。スピーカーは、正面、両耳入口部より30cm前方に置き、最大音圧87dB SPL、刺激音はクリック音、Low cut filter 80Hz, High

cut filter 1.2kHz, 加算回数128回、解析時間10 msecを用いた。Intervalは125, 75及び25 msecを用い、さらにInterval 125msecは併せて閾値まで測定した。なお、音圧レベル（SPL）は精密騒音計（Rion製NA-60）を用い測定した。実験ブロックダイアグラムを図2に示す。

3 ネジ電極の作製と設置

ネジ電極（真鍮製）は、エポキシ樹脂被覆加工し絶縁性を確認の後、ネジ先端のみ被覆除去し使用した。

ネンタブール25mg/kg腹腔内投与後、剃毛、大伏在静脈に静脈カテーテル留置を行った。経静脈的に適時追加投与し、至適麻酔レベルを維持した。動物は猫固定器（教室の関谷が工夫、

図2 ブロックダイアグラム

自作したものを改造)に固定し、保温した。術前清潔手技を適用し、諸手術を行った。電極固定部を十分に露出し、正中線上、矢状縫合と冠状縫合の交叉部より1cm尾側に通電用陽電極を、その鼻側1cm、2cmの位置に、それぞれABR用陰電極及び接地電極を刺入し、さらにエポキシ樹脂固定した。次に通電用陰電極及び右ABR用陰電極を、それぞれ右側頭骨乳突三角及びラムダ縫合直上の正中より約2cmの位置に固定した。最後に左ABR用陰電極を同様の方法により固定した。なお各電極間抵抗は固定時に測定し、4ないし7K Ω となるよう調整した。

4 通電刺激並にABR計測

図3に示す実験プロトコールに従って実験を行った。電極固定24時間後、再度電極の固定状態、電極間抵抗及び被動物の麻酔深度を確認し、動物固定の後、実験を開始した。図4に実験室設置状態を示す。定電流通電とし、10mA及び2mA 20分間通電(以下10mA群並に2mA群と略)した。通電前後にわたり電気性眼球偏位並に眼振を肉眼的に観察した。ABR計測を以下の各時点、即ち通電前、直後、1、2、3、12及び24時間後に行った。全経過中Thermal data acquisition system(タカラ製K700)を用い直腸温を測定し、可及的に一定体温の維持につとめた。48時間後、生体環流固定を行った。phosphate buffered saline 注入後、2.5% glutaraldehyde, 0.4% paraformal-

dehyde 0.1Mリン酸緩衝液にて固定した。固定終了後断頭・開頭し、10%中性緩衝ホルマリンにて後固定した。主として脳幹部及び陽電極直下の大脳をパラフィン包埋し、10 μ m厚の連続切片を作製した。切片標本は、HE, Nissl, Klüver and Barrera 及び Bodian 法の各染色をほどこし鏡検した。

実験プロトコール

図3

図4 被動物、電極固定並に実験室設置状態

成 績

1 電気性眼球偏位の成績

結果を表1にまとめた

1) 対照群

対照群は、全例、プロトコールに定めた時間内に眼球偏位は認めない。

2) 10mA 群

10mA 群は、全例、通電刺激に際し電気性眼球偏位を認める。即ち、通電時は1ないし2回、通電中は1から3回、及び遮電時は1ないし2回である。なお通電終了後、24時間にわた

表1 電気性眼球偏位並びに体重及び電極間抵抗成績

10 mA 群	体 重 (g)	電極間抵抗 (k Ω)	電気性眼球偏位			
			通電時	通電中	遮電時	通電後
No. 201*	1,800	5.1 $\pm$ 0.1	1	2	2	なし
202**	680	4.2 $\pm$ 0.1	2	3	2	"
203	610	4.7 $\pm$ 0.2	1	1	1	"
204	1,830	5.0 $\pm$ 0.1	2	2	1	"
205	1,770	6.3 $\pm$ 0.1	1	2	1	"
206**	920	5.8 $\pm$ 0.1	1	3	1	"

2 mA 群						
No.	体 重 (g)	電極間抵抗 (k Ω)	電気性眼球偏位			
			通電時	通電中	遮電時	通電後
No. 301	1,300	6.7 $\pm$ 0.05	2	2	1	なし
302	1,880	4.8 $\pm$ 0.05	1	3	1	"
303	720	4.3 $\pm$ 0.2	1	3	1	"
304	1,900	5.0	1	2	1	"
305	1,280	5.3 $\pm$ 0.05	1	6	2	"
306	1,870	4.7 $\pm$ 0.2	2	3	1	"

対 照 群						
No.	体 重 (g)	電極間抵抗 (k Ω)	電気性眼球偏位			
			通電時	通電中	遮電時	通電後
No. 101	630	5.2 $\pm$ 0.005	0	0	0	なし
102	690	5.0 $\pm$ 0.1	0	0	0	"
103	1,080	5.7 $\pm$ 0.1	0	0	0	"
104	1,980	4.9 $\pm$ 0.1	0	0	0	"
105	2,000	4.8 $\pm$ 0.1	0	0	0	"
106	1,900	5.2 $\pm$ 0.1	0	0	0	"

*4時間後死亡 **30時間後死亡 ***1時間後死亡
※通電後24時間の観察、但し死亡例は死亡前まで

り観察したが、陽性所見を認めなかった。

No.202を代表例として呈示する。体重680g、通電用電極間抵抗4.1K Ω 、ABR用電極間抵抗各4.3K Ω である。電気性眼球偏位は、通電時、短時間小さく患側に偏位した後、健側向き1回である。通電中は健側向き3回、遮電時は患側向き2回である。通電終了後の麻酔下の観察では、電気性眼球偏位は認めない。しかし、この例では、22時間後覚醒時の観察を行った結果、右側内耳破壊術後に類似した姿勢を示すとともに麻痺性眼振を確認した。再度ABR計測の為麻酔した結果、眼球運動は消失、陽性所見は認めなかった。

3) 2mA 群

2mA 群は、全例、通電刺激に際し電気性眼球偏位を認めた。即ち、通電時は1ないし2回、通電中は2から6回、及び遮電時は1ないし2回である。通電終了後、24時間にわたり観察したが、陽性所見は認めない。

代表例としてNo.305を呈示する。体重1,280g、通電用電極間抵抗5.4K Ω 、ABR用電極間抵抗各5.3K Ω である。電気性眼球偏位は、通電時短時間小さく患側に偏位した後、健側向き1回である。通電中は健側向き6回、遮電時は患側向き2回である。通電終了後24時間にわたり観察したが、電気性眼球偏位は認めなかった。

4) 小括

10mA 群及び2mA 群全例に電気性眼球偏位、とくに通電時に健側向き及び遮電時に患側向きを認めたことは、通電刺激がunipolar testとして適切であったと考える。麻酔下の電気性眼球運動は、石原³⁾が、家兎を用いクロロホルムあるいはエーテル麻酔下に観察している。本実験はこれをネンブタール麻酔を用い証明した。

なお、通電時、短時間患側向きの眼球偏位があったことは報告がない。関谷⁵⁾、北原¹⁹⁾らがGBSTにおいて、初発波(Initial wave)を報告しているが、電気性眼球偏位において相同のものが認められたことは興味深い。しかしながら、麻酔下であること、及び通電法並に通電電流量の相違があり、今後の検討を考える。

2 ABRの成績

1) 対照群

本群各動物(No.101からNo.106)について、各時点のABR各波潜時並に聴覚反応閾値を計測した。その成績を表2に示す。

No.104の成績を代表例として図5に示す。各波潜時の経時的変化は、左右ともにほとんど認めない。

対照群ではABR波形は、ネンブタール麻酔

下24時間の経過中、著明な変化がないと考えた。

2) 10mA 群

本群各動物 (No201からNo206) について、各時点のABR各波潜時に聴覚反応閾値を計測

した。その成績を表3に示す。

No202 の成績を代表例として図6に示し、以下詳述する。

右ABRに関して、まず、I波潜時は通電直後より短縮し、1及び2時間後最小値0.9msec

表2 対照群ABR, 各計測点の各波潜時並びに聴覚反応閾値の成績

No. 101	右 ABR							左 ABR						
	I波潜時	II波潜時	III波潜時	IV波潜時	V波潜時	聴覚閾値		I波潜時	II波潜時	III波潜時	IV波潜時	V波潜時	聴覚閾値	
前 ABR	1.3	2.4	3.2	4.4	5.6	~7		1.3	2.4	3.2	4.3	5.5	~7	
直後 "	1.3	2.5	3.2	4.5	5.6	~7		1.3	2.4	3.2	4.3	5.5	~7	
1 hr 後 "	1.3	2.4	3.2	4.4	5.5	~7		1.3	2.3	3.2	4.4	5.5	~7	
2 hr "	1.3	2.3	3.2	4.4	5.5	~7		1.3	2.3	3.2	4.4	5.4	~7	
3 hr "	1.3	2.3	3.2	4.5	5.5	~7		1.3	2.4	3.2	4.4	5.5	~7	
12 hr "	1.3	2.3	3.3	4.5	5.5	~7		1.3	2.3	3.2	4.4	5.5	~7	
24 hr "	1.3	2.3	3.2	4.4	5.5	~7		1.3	2.3	3.2	4.3	5.6	~7	

No. 102

前 ABR	1.2	2.4	3.2	4.4	5.4	~7		1.2	2.3	3.2	4.5	5.5	~7	
直後 "	1.2	2.4	3.2	4.4	5.5	~7		1.2	2.4	3.3	4.5	5.5	~7	
1 hr 後 "	1.2	2.3	3.1	4.4	5.4	~7		1.2	2.3	3.2	4.4	5.4	~7	
2 hr "	1.2	2.3	3.2	4.4	5.4	~7		1.2	2.3	3.2	4.4	5.5	~7	
3 hr "	1.2	2.4	3.3	4.5	5.5	~7		1.2	2.4	3.2	4.4	5.5	~7	
12 hr "	1.2	2.3	3.2	4.4	5.5	~7		1.2	2.3	3.2	4.4	5.5	~7	
24 hr "	1.2	2.3	3.2	4.5	5.5	~7		1.2	2.3	3.2	4.4	5.5	~7	

No. 103

前 ABR	1.3	2.4	3.2	4.2	5.5	~7		1.3	2.4	3.2	4.2	5.5	~7	
直後 "	1.3	2.4	3.3	4.4	5.5	~7		1.3	2.4	3.3	4.4	5.5	~7	
1 hr 後 "	1.4	2.5	3.3	4.3	5.5	~7		1.4	2.5	3.3	4.3	5.5	~7	
2 hr "	1.4	2.5	3.4	4.2	5.6	~7		1.4	2.5	3.4	4.2	5.6	~7	
3 hr "	1.4	2.4	3.2	4.2	5.5	~7		1.4	2.4	3.2	4.2	5.5	~7	
12 hr "	1.4	2.5	3.3	4.3	5.6	~7		1.4	2.5	3.3	4.3	5.5	~7	
24 hr "	1.4	2.5	3.2	4.4	5.6	~7		1.4	2.5	3.2	4.4	5.6	~7	

No. 104

前 ABR	1.4	2.2	3.1	4.2	5.7	~7		1.4	2.2	3.1	4.2	5.7	~7	
直後 "	1.4	2.1	3.1	4.2	5.7	~7		1.4	2.1	3.1	4.2	5.7	~7	
1 hr 後 "	1.4	2.2	3.2	4.2	5.7	~7		1.3	2.2	3.2	4.2	5.6	~7	
2 hr "	1.3	2.3	3.1	4.2	5.5	~7		1.3	2.3	3.1	4.2	5.5	~7	
3 hr "	1.4	2.2	3.2	4.1	5.5	~7		1.3	2.2	3.2	4.1	5.5	~7	
12 hr "	1.3	2.2	3.3	4.2	5.5	~7		1.3	2.2	3.2	4.1	5.5	~7	
24 hr "	1.4	2.3	3.3	4.3	5.6	~7		1.4	2.3	3.3	4.3	5.6	~7	

No. 105

前 ABR	1.3	2.3	3.2	4.3	5.5	~7		1.3	2.2	3.2	4.3	5.5	~7	
直後 "	1.3	2.3	3.4	4.4	5.6	~7		1.3	2.3	3.3	4.4	?	~7	
1 hr 後 "	1.2	2.2	3.2	4.3	?	~7		1.2	2.2	3.3	4.3	?	~7	
2 hr "	1.3	2.3	3.3	4.3	5.5	~7		1.3	2.3	3.4	4.3	5.5	~7	
3 hr "	1.3	2.3	3.3	4.3	?	~7		1.4	2.4	3.3	4.3	5.6	~7	
12 hr "	1.5	2.4	3.3	4.4	5.6	~7		1.5	2.4	3.2	4.3	5.5	~7	
24 hr "	1.4	2.3	3.2	4.3	5.5	~7		1.4	2.3	3.3	4.3	5.5	~7	

No. 106

前 ABR	1.2	2.2	3.3	4.2	5.5	3		1.2	2.2	3.3	4.2	5.5	3	
直後 "	1.2	2.2	3.4	4.2	5.6	3		1.3	2.2	3.4	4.2	5.6	3	
1 hr 後 "	1.3	2.4	3.4	4.4	5.6	3		1.3	2.3	3.3	4.3	5.6	3	
2 hr "	1.3	2.4	3.4	4.4	5.6	3		1.3	2.4	3.4	4.3	5.6	3	
3 hr "	1.3	2.4	3.2	4.5	5.5	3		1.4	2.4	3.2	4.5	5.7	3	
12 hr "	1.4	2.2	3.3	4.2	5.5	3		1.4	2.3	3.3	4.2	5.6	3	
24 hr "	1.4	2.4	3.3	4.2	5.6	3		1.4	2.4	3.3	4.2	5.6	3	

[illegible]

図5 対照群代表例 (No.104) ABR

図6 10mA 通電群代表例 (No.202) ABR

度延長,そして2から12時間後に潜時の短縮を示した後,24時間後に波形が消失した。

左ABRに関して,まずI波は,潜時並に波高が右I波とほぼ平行して変化した。但し,12時間後の波形は,右I波と比較しても変化していた。II波については,通電直後から3時間後に潜時の短縮並に波高の低下,また12時間後に波形の消失を示した後,24時間後に変形した潜時2.3msecの波形を認めた。III波については,直後及び1時間後に潜時の延長,2時間後に波形の消失を認めたが,3時間後は潜時,波形が回復した。しかし,さらに12及び24時間後は波形が変化した。IV波については,直後から2時間後に潜時の短縮,3及び12時間後に延長を認めた。24時間後,IV波は,潜時3.8msecのIII波に含まれるかあるいは消失と考えた。V波については,3時間後まで潜時の変動を示した後,12時間後波形が消失した。

聴覚反応閾値は通電前, -7dB SPLであったが,12ないし24時間後は,左右ともに3dB SPLと軽度上昇した。

3) 2 mA 群

本群各動物 (No.301からNo.306) について,各時点のABR各波潜時並に聴覚反応閾値を計測した。その成績を表4に示す。

No.305の成績を代表例として図7に示し,以下詳述する。

右ABRにおいて,I波潜時は,1時間後と3時間後以降において軽度延長した。II波潜時は軽度延長傾向を認めた。III波潜時は2ないし3時間後,潜時の延長及び波形の変化を示した。12ないし24時間後はほぼ正常であった。IV波潜時は直後より延長傾向を認めたが,12ないし24時間後は通電前と変わらない。V波潜時は,3時間後軽度延長を認めたが24時間後は通電前と変わらない。

左ABRにおいて,I波潜時は,1時間後に軽度短縮し,3時間後以降軽度延長した。II波潜時もほぼ同様の変化であった。III波潜時は延長傾向を認め,3時間後に最大の変化を示し,24時間後も3.6msecと延長していた。IV波潜時は,2ないし3時間後軽度延長したが,12な

いし24時間後は、通電前と変わらない。V波潜時は右側とほぼ同じ変化であった。

聴覚反応閾値は通電前、左右ともに -7 dB SPL であり、通電後も変わらない。

4) 小括

まず表2をもとに、対照群各動物のABR各潜時についてt検定を行い、経時変化の有無を検討した。その結果左右各波潜時全てに有意差は認めない ($P < 0.05$)。次に対照群と 10mA

表4 2mA群ABR, 各計測点の各波潜時並びに聴覚反応閾値の成績

No. 301	右 ABR							左 ABR						
	I波潜時	II波潜時	III波潜時	IV波潜時	V波潜時	聴力閾値		I波潜時	II波潜時	III波潜時	IV波潜時	V波潜時	聴力閾値	
前 ABR	1.3	2.3	3.3	4.4	5.5	3		1.3	2.3	3.3	4.4	5.5	3	
直後 "	1.3	2.4	3.4	4.6	5.6	3		1.3	2.4	3.4	4.4	5.6	3	
1 hr 後 "	1.5	2.5	3.5	4.6	5.7	3		1.3	2.4	3.5	4.6	5.6	3	
2 hr "	1.3	2.4	3.3	4.5	5.5	3		1.3	2.3	3.3	4.5	5.5	3	
3 hr "	1.3	2.4	3.4	4.5	5.6	3		1.3	2.5	3.3	4.5	5.6	3	
12 hr "	1.2	2.5	3.3	4.3	5.4	3		1.3	2.5	3.3	4.4	5.6	3	
24 hr "	1.3	2.4	3.3	4.4	5.5	3		1.4	2.3	3.3	4.4	?	3	

No. 302

前 ABR	1.3	2.3	3.3	4.3	5.5	-7		1.3	2.3	3.3	4.4	5.6	-7	
直後 "	1.5	2.4	3.4	4.3	5.5	-7		1.4	2.4	3.4	4.3	5.5	-7	
1 hr 後 "	1.4	2.5	3.5	4.5	5.6	-7		1.4	2.5	3.5	4.5	5.5	-7	
2 hr "	1.3	2.3	3.4	4.4	5.6	-7		1.3	2.3	3.3	4.3	5.5	-7	
3 hr "	1.3	2.3	3.2	4.4	5.6	-7		1.3	2.3	3.2	4.4	5.5	-7	
12 hr "	1.4	2.2	3.3	4.5	5.7	-7		1.4	2.2	3.2	4.3	5.5	-7	
24 hr "	1.4	2.3	3.4	4.3	5.5	-7		1.4	2.3	3.3	4.4	5.5	-7	

No. 303

前 ABR	1.5	2.4	3.4	4.3	5.7	-7		1.5	2.5	3.4	4.3	5.7	-7	
直後 "	1.4	2.4	3.3	4.4	5.7	-7		1.5	2.4	3.3	4.4	5.7	-7	
1 hr 後 "	1.6	2.4	3.2	4.5	5.6	-7		1.5	2.4	3.2	4.4	5.6	-7	
2 hr "	1.6	2.4	3.2	4.5	5.5	-7		1.7	2.5	3.4	4.3	5.5	-7	
3 hr "	1.5	2.4	3.1	4.6	5.4	-7		1.7	2.6	3.2	4.2	5.3	-7	
12 hr "	1.5	2.3	3.5	4.3	5.5	3		1.7	2.6	3.5	4.4	5.5	3	
24 hr "	1.6	2.6	3.6	4.4	5.7	-7		1.5	2.4	3.5	4.3	5.7	-7	

No. 304

前 ABR	1.4	2.4	3.4	4.4	5.5	-7		1.4	2.4	3.4	4.4	5.4	-7	
直後 "	1.3	2.4	3.4	4.4	5.5	-7		1.3	2.4	3.4	4.4	5.5	-7	
1 hr 後 "	1.2	2.3	3.3	4.4	5.6	-7		1.1	2.4	3.3	4.5	5.6	-7	
2 hr "	1.2	2.3	3.3	4.3	5.5	-7		1.2	2.4	3.3	4.3	5.5	-7	
3 hr "	1.3	2.3	3.6	4.3	5.3	-7		1.3	2.3	3.5	4.3	5.4	-7	
12 hr "	1.5	2.4	3.3	4.2	5.5	-7		1.5	2.4	3.3	4.2	5.5	-7	
24 hr "	1.3	2.4	3.3	4.2	5.3	-7		1.3	2.4	3.3	4.2	5.3	-7	

No. 305

前 ABR	1.2	2.3	3.4	4.5	5.7	-7		1.2	2.3	3.3	4.5	5.6	-7	
直後 "	1.2	2.3	3.4	4.8	5.8	-7		1.2	2.3	3.4	4.5	5.8	-7	
1 hr 後 "	1.3	2.4	3.4	4.9	5.8	-7		1.2	2.3	3.4	4.4	5.7	-7	
2 hr "	1.2	2.3	3.8	4.7	5.8	-7		1.2	2.2	3.7	4.6	5.8	-7	
3 hr "	1.3	2.4	3.7	4.6	6.0	-7		1.3	2.4	3.8	4.7	6.1	-7	
12 hr "	1.3	2.4	3.4	4.5	5.8	-7		1.3	2.4	3.6	4.5	5.8	-7	
24 hr "	1.3	2.5	3.5	4.5	5.7	-7		1.3	2.5	3.6	4.5	5.7	-7	

No. 306

前 ABR	1.3	2.3	3.4	4.4	5.6	-7		1.3	2.3	3.4	4.4	5.6	-7	
直後 "	1.2	2.2	3.3	4.4	5.5	-7		1.3	2.2	3.4	4.3	5.5	-7	
1 hr 後 "	1.4	2.4	3.4	4.2	5.4	-7		1.4	2.3	3.5	4.2	5.4	-7	
2 hr "	1.4	2.4	3.3	4.5	?	-7		1.4	2.4	3.3	4.5	?	-7	
3 hr "	1.4	2.4	3.5	4.4	5.5	-7		1.4	2.4	3.4	4.4	5.5	-7	
12 hr "	1.4	2.3	3.4	4.3	5.5	-7		1.4	2.3	3.4	4.3	5.5	-7	
24 hr "	1.4	2.4	3.4	4.4	5.6	-7		1.4	2.3	3.4	4.4	5.6	-7

図7 2 mA 通電群代表例 (No.305) ABR

群間及び対照群と2 mA 群間の通電前ABR各波潜時の検討を行った。その結果、対照群と10 mA 群間の通電前・各波潜時間には、有意差は認めない ($P < 0.05$)。しかし、対照群と2 mA 群間の通電前ABRのうち、左右Ⅲ波潜時は有意な差を認めた。 ($P < 0.05$)。従って以下の2 mA 群左右Ⅲ波潜時についての検討は原データをもとにt検定を行うとともに、各動物の通電前各波潜時を原点とした差の検討を併わせて行うこととした。

対照群、10 mA 群、及び2 mA 群の各波潜時平均値並に標準偏差を求めた (表5)。最初に10 mA 群と対照群との群間比較を行った。結果、右Ⅰ波潜時及びⅤ波潜時は有意差を認める ($P < 0.01$)。また右Ⅲ波潜時並に左Ⅰ波及びⅤ波潜時は有意な差を認める ($P < 0.05$)。

次に2 mA 群と対照群との群間比較を行った。結果、右Ⅰ波、Ⅲ波、Ⅳ波及びⅤ波潜時並に左Ⅰ波からⅣ波潜時は、有意差を認める ($P < 0.01$)、また右Ⅱ波潜時及び左Ⅴ波潜時は、

有意な差を認める ($P < 0.05$)。

次に同様に10 mA 群と2 mA 群との群間比較を行った。結果、右Ⅰ波、Ⅲ波及びⅤ波潜時と左Ⅰ波、Ⅲ波、Ⅳ波及びⅤ波潜時は、有意差を認める ($P < 0.01$)。また右Ⅴ波潜時及び左Ⅱ波潜時は有意な差を認める ($P < 0.05$)。

波形について、波形消失は、10 mA 群において右Ⅱ波 (2例)、Ⅲ波 (1例)、Ⅳ波 (1例) 及びⅤ波 (1例) 並に左Ⅱ波 (4例)、Ⅲ波 (2例)、及びⅤ波 (2例) に認める。2 mA 群は右Ⅴ波 (1例) 及び左Ⅴ波 (1例) に認める。一方対照群においては波形消失は認めない。波形消失は明らかな変化と考えられるので、波形消失と潜時の変化から対照群と10 mA 群との群間には、左非通電側Ⅳ波潜時を除く各波に、有意差を認める。同様に2 mA 群と対照群では、通電側並に非通電側全波に有意差を認める。同様に10 mA 群と2 mA 群では、全波に有意差を認める。

次に、各計測点における、10 mA 群と対照群及び2 mA 群と対照群との群間比較を行った。10 mA 群と対照群との群間比較の結果 (図8)、3及び24時間後の右Ⅰ波潜時、12時間後の右Ⅴ波潜時及び1時間後の左非通電側Ⅴ波潜時は、有意差を認める ($P < 0.01$)。また右側においては、12時間後のⅠ波及び3時間後のⅣ波潜時、左側においては、直後、2及び3時間後のⅠ波、3時間後のⅡ波、1時間後のⅢ波及び24時間後のⅣ波潜時は、有意な差を認める ($P < 0.05$)。同様に2 mA 群と対照群との群間比較を行った結果 (図9)、2時間後の右Ⅳ波潜時及び1時間後の左Ⅴ波潜時に有意な差を認める ($P < 0.05$)。

通電前ABRの各波潜時を原点とし、通電後の変化量を各動物毎に求めた成績を図10に示す。対照群に比較し、10 mA 群及び2 mA 群の変化量の大きさが明瞭である。10 mA 群では、右各波潜時並に左非通電側Ⅱ・Ⅲ・Ⅳ波潜時の変化量が大きいこと、また左Ⅳ波を除き、直後から3時間後の間の変化量が大きいことが

わかる。

2 mA 群では、左右Ⅲ・Ⅳ・Ⅴ波潜時の変化量が大きく、また2時間後から3時間後の間の変化量が大きく、ことがわかる。

3 病理組織学的検索の成績

対照群、10mA 群及び 2 mA 群の病理組織学的所見をまとめ表6に示す。表中“+”は陽性所見、即ちニューロンではなくに Nissl 小体

表5 対照群、10mA群及び2mA群ABRの各計測点各波潜時の平均値並びに標準偏差

対 照 群		Ⅰ 波 潜 時		Ⅱ 波 潜 時		Ⅲ 波 潜 時		Ⅳ 波 潜 時		Ⅴ 波 潜 時	
		平 均	標準偏差	平 均	標準偏差	平 均	標準偏差	平 均	標準偏差	平 均	標準偏差
右	前 ABR	1.28	0.075	2.32	0.098	3.20	0.063	4.28	0.098	5.53	0.103
	直 後 "	1.28	0.075	2.32	0.147	3.27	0.121	4.35	0.122	5.58	0.075
	1 hr 後 "	1.30	0.089	2.33	0.121	3.23	0.103	4.33	0.082	5.54	0.114
	2 hr "	1.30	0.063	2.35	0.084	3.27	0.121	4.32	0.098	5.52	0.075
	3 hr "	1.32	0.075	2.33	0.082	3.23	0.052	4.35	0.176	5.50	0.0
	12 hr "	1.35	0.105	2.32	0.117	3.28	0.041	4.33	0.121	5.53	0.052
	24 hr "	1.35	0.084	2.35	0.084	3.23	0.052	4.35	0.105	5.55	0.055

左	前 ABR	1.28	0.075	2.28	0.098	3.20	0.063	4.28	0.117	5.53	0.082
	直 後 "	1.30	0.063	2.30	0.126	3.27	0.103	4.33	0.121	5.56	0.089
	1 hr 後 "	1.28	0.075	2.30	0.110	3.25	0.055	4.32	0.075	5.52	0.084
	2 hr "	1.30	0.063	2.35	0.084	3.28	0.133	4.30	0.089	5.52	0.084
	3 hr "	1.33	0.082	2.37	0.082	3.22	0.040	4.32	0.147	5.55	0.084
	12 hr "	1.35	0.105	2.33	0.103	3.23	0.052	4.28	0.117	5.51	0.041
	24 hr "	1.35	0.084	2.35	0.084	3.25	0.055	4.32	0.075	5.57	0.052

10 mA 群		Ⅰ 波 潜 時		Ⅱ 波 潜 時		Ⅲ 波 潜 時		Ⅳ 波 潜 時		Ⅴ 波 潜 時	
		平 均	標準偏差	平 均	標準偏差	平 均	標準偏差	平 均	標準偏差	平 均	標準偏差
右	前 ABR	1.25	0.055	2.33	0.151	3.23	0.103	4.33	0.052	5.45	0.055
	直 後 "	1.23	0.186	2.32	0.179	3.17	0.288	4.33	0.207	5.45	0.164
	1 hr 後 "	1.20	0.261	2.27	0.234	3.25	0.327	4.23	0.344	5.48	0.183
	2 hr "	1.14	0.195	2.20	0.212	3.14	0.195	4.18	0.466	5.36	0.182
	3 hr "	1.08	0.110	2.16	0.270	3.08	0.250	4.02	0.259	5.26	0.329
	12 hr "	1.15	0.129	2.43	0.058	3.20	0.141	4.25	0.129	5.35	0.058
	24 hr "	1.08	0.096	2.15	0.495	3.13	0.287	4.33	0.058	5.60	0.173

左	前 ABR	1.25	0.055	2.32	0.160	3.22	0.117	4.33	0.052	5.47	0.052
	直 後 "	1.18	0.098	2.25	0.217	3.25	0.259	4.33	0.103	5.47	0.103
	1 hr 後 "	1.20	0.179	2.22	0.299	3.28	0.319	4.32	0.172	5.41	0.098
	2 hr "	1.14	0.089	2.34	0.152	3.15	0.191	4.24	0.207	5.48	0.148
	3 hr "	1.18	0.110	2.20	0.082	3.15	0.100	4.20	0.273	5.45	0.058
	12 hr "	1.30	0.0	2.40	0.283	3.10	0.245	4.30	0.283	5.36	0.058
	24 hr "	1.13	0.206	2.23	0.208	2.97	0.252	4.05	0.191	5.50	0.173

2 mA 群		Ⅰ 波 潜 時		Ⅱ 波 潜 時		Ⅲ 波 潜 時		Ⅳ 波 潜 時		Ⅴ 波 潜 時	
		平 均	標準偏差	平 均	標準偏差	平 均	標準偏差	平 均	標準偏差	平 均	標準偏差
右	前 ABR	1.33	0.103	2.33	0.052	3.37	0.052	4.38	0.075	5.58	0.098
	直 後 "	1.32	0.117	2.35	0.084	3.37	0.052	4.48	0.183	5.60	0.126
	1 hr 後 "	1.40	0.141	2.42	0.075	3.38	0.116	4.52	0.232	5.62	0.133
	2 hr "	1.33	0.151	2.35	0.055	3.38	0.214	4.48	0.133	5.58	0.130
	3 hr "	1.35	0.084	2.37	0.052	3.42	0.232	4.47	0.121	5.57	0.242
	12 hr "	1.38	0.117	2.35	0.011	3.37	0.082	4.35	0.122	5.57	0.151
	24 hr "	1.38	0.117	2.43	0.103	3.42	0.117	4.37	0.103	5.55	0.152

左	前 ABR	1.33	0.103	2.35	0.084	3.35	0.055	4.40	0.063	5.57	0.103
	直 後 "	1.33	0.103	2.35	0.084	3.38	0.041	4.38	0.075	5.60	0.126
	1 hr 後 "	1.32	0.147	2.38	0.075	3.40	0.126	4.43	0.137	5.67	0.103
	2 hr "	1.35	0.187	2.35	0.105	3.38	0.16	4.42	0.133	5.56	0.134
	3 hr "	1.38	0.160	2.42	0.117	3.40	0.228	4.42	0.172	5.57	0.280
	12 hr "	1.43	0.151	2.40	0.141	3.38	0.147	4.35	0.105	5.57	0.121
	24 hr "	1.38	0.075	2.37	0.082	3.40	0.126	4.37	0.103	5.56	0.167

の減少, 胞体及び核の染色性並に形態学的変化, 髄鞘では腫脹, 断裂及び崩壊, glia 細胞では胞体及び核の染色性並に形態学的変化, 脳室上皮では剝離等, 血管系では染色性並に形態

学的変化を示す. また, 相当部位の一部に陽性所見があるものは全て“+”とした.

1) 対照群

前庭神経系, 蝸牛神経系及び顔面神経系等脳

図8 10mA群と対照群ABR各波潜時の各計測点における比較

図9 2mA群と対照群ABR各波潜時の各計測点における比較

図10 10mA群, 2mA群並びに対照群間の各波潜時の変化量の比較
(各動物の通電前各波潜時を原点とする)

幹部並に設置した電極直下的大脑には、とくに変化はなかった。対照群病理組織学的所見は、ネンブータル麻酔下の電極設置及び72時間の時間経過では、著明な変化がないと結論する。

2) 10mA 群

病理組織学的検索の結果, No.202からNo.205に陽性所見を認めた。共通して陽性所見を認めたのは右側の medial vestibular nucleus(MVN), ventral cochlear nucleus(VCN) 及び ependymal cell of cerebral aqueduct である。

最も障害範囲が広く、しかも左右差も明確である No.205 の病理組織学的所見を代表として示し、詳述する。

下丘交連レベルの H.E 染色 (図11), Nissl 染色 (図12, 13) 及び Klüver and Barrera 染色 (図14, 15) 及び Bodian 染色 (図16) を示す。

H.E 染色では、中脳水道右側の central gray matter, 右 inferior colliculus (IC) の表層と深層, 右 commissure of inferior colliculus (CIC), 右 lateral lemniscus (LL) 及び右

medial longitudinal fasciculus (MLF) を中心にエオジンに濃染する部分を認める。即ちニューロンの胞体は好酸性に均質に染まり腫脹し、核はとくに偏化はないが好塩基性に染まる

か淡染している。また一部核は濃縮し、胞体は萎縮し細長いものもある。細胞間組織もエオジンに濃染している。大食細胞は認めない。このレベルではさらに散在性に血管系において血管

表 6 脳幹部病理組織学的検索の成績

脳 幹 部 右 側	対 照 群						1 0 m A 群						2 m A 群					
	101	102	103	104	105	106	201	202	203	204	205	206	301	302	303	304	305	306
Superior vestibular nucleus	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Medial vestibular nucleus	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-
Lateral vestibular nucleus	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Inferior vestibular nucleus	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Medial longitudinal fasciculus	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Reticular formation	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Vestibulospinal tract	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nucleus of abducent nerve	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dorsal cochlear nucleus	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Ventral cochlear nucleus	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Lateral superior olivary nucleus	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Medial superior olivary nucleus	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Medial lemniscus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Lateral lemniscus	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Dorsal nucleus of lateral lemniscus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Intermediate nucleus of lateral lemniscus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Ventral nucleus of lateral lemniscus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inferior colliculus	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Commissure of inferior colliculus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Central gray matter	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Nucleus of facial nerve	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Facial nerve	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-

脳 幹 部 左 側	対 照 群						1 0 m A 群						2 m A 群					
	101	102	103	104	105	106	201	202	203	204	205	206	301	302	303	304	305	306
Superior vestibular nucleus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Medial vestibular nucleus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lateral vestibular nucleus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inferior vestibular nucleus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Medial longitudinal fasciculus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Reticular formation	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Vestibulospinal tract	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nucleus of abducent nerve	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dorsal cochlear nucleus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ventral cochlear nucleus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lateral superior olivary nucleus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Medial superior olivary nucleus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Medial lemniscus	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Lateral lemniscus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dorsal nucleus of lateral lemniscus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Intermediate nucleus of lateral lemniscus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ventral nucleus of lateral lemniscus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inferior colliculus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Commissure of inferior colliculus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Central gray matter	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Nucleus of facial nerve	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Facial nerve	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

+ : 障害あり - : 障害なし

* 4 時間後死亡時固定

** 30 時間後死亡時固定

*** 1 時間後死亡後固定

内皮は剥離し、血管周囲はエオジンに濃染しているものが一部認められる。また *ependyma* の脱落及び上衣細胞の核の濃縮及び胞体の萎縮が一部認められる。またこれら所見は左側は軽度であり明らかに左右差を認める。Nissl 染色

では、同部に Nissl 小体の減少、消失、及び一部核の崩壊が認められ、また細胞間隙の拡大を認める。Klüver and Barrera 染色では、同部は淡染し、髄鞘の腫脹、断裂及び一部崩壊を認める。

図11 下丘交連を認めるレベルのHE染色
中心灰白質（右側）及び下丘並に下丘交連にエ
オジンに濃染する部を認める

図12 下丘交連を認めるレベルの Nissl 染色
右側中心灰白質を中心に淡染しているのが認め
られる。

図13 中脳水道及びその周囲の拡大図（Nissl 染色）

図14 下丘交連を認めるレベルの Klüver and Barrera 染色

図15 中脳水道及びその周囲の拡大図 (Klüver and Barrera 染色)

図16 下丘交連を認めるレベルの Bodian 染色
中心灰白質 (右側), 下丘及び下丘交連を中心に濃染する部を認める

図17 橋レベルのHE染色
特に右側の脳幹網様体及び内側縦束を中心にエオジンに濃染に濃染する部を認める

図18 内側縦束及び脳幹網様体 (HE染色)

Bodian 染色では, 上記部位に一致して, 神経線維の膨化を認めるが, 断裂は認めない. 上記の諸変化 (壊死像) には, 健常部も混在している.

橋レベルのHE染色 (図17, 18), Nissl 染色 (図19, 20), Klüver and Barrera 染色 (図21, 22) 及び Bodian 染色 (図23, 24) を示す. 橋においてHE染色では, 左右 reticular formation (RF), 左右 vestibular nuclei 群, 左右 ML F, 右 cochlear nuclei 群, 右 superior olivary nucleus (SOC), 右 nucleus of abducent nerve (NAN), 右ML, 右 facial nerve (FN) 及び nucleus of facial nerve (NFN) に, エオジンに濃染する部分を認める. 神経細胞の胞体は好酸性に腫脹し, 核は淡染する. また細胞間組織はエオジンに濃染している. そしてこれらの変

図19 橋レベルの Nissl 染色
右側の脳幹網様体及び内側縦束を中心に淡染しているのが認められる。

図20 内側縦束及び脳幹網様体 (Nissl 染色)

図21 橋レベルの Klüver and Barrera 染色
特に右側の脳幹網様体, 内側縦束及び上オリブ核周囲が淡染しているのが認められる。

図22 内側縦束及び脳幹網様体
(Klüver and Barrera 染色)

図23 橋レベルの Bodian 染色

図24 右内側縦束及び右脳幹網様体 (Bodian 染色)
諸変化(壊死像)と健常部の混在が認められる

化は、左側では範囲及び程度が軽く明らかに左右差を認める。Nissl 染色では、同部に Nissl 小体の減少, 消失, 及び一部核の崩壊, 及び、組織間隙の拡大を認める。Klüver and Barrera

染色では、同部は淡染し、髄鞘の腫脹, 断裂及び一部崩壊を認める。走行異常は認めない。

Bodian 染色では、神経細胞の脱落は認めないが、胞体は若干膨化し、胞体自体は均一に染

色されている。核の変化はとくに認めないが、クロマチンの染り方が濃い。神経線維は、膨化を認めるが、断裂は認めない。走行異常は認めない。またこれら諸変化(壊死像)と健常部の混在が認められる。

このレベルにおいて、障害の範囲及び程度は前庭神経系 $\geq$ 蝸牛神経系 $>$ 顔面神経系の順で強い。

3) 2 mA 群

6例中1例(Na305)のみ、陽性所見を認めた。内容は、右MVNのNissl小体の軽度の減少、及び第4脳室底通電側上衣細胞の胞体の萎縮である。

4) 小括

陽性所見を示した部位をまとめ再構成し、図25に示す。橋レベルより下丘交連を認めるレベルにわたって左右差のある変化を認めた。その陽性所見はNissl小体の減少及び消失、核の染色性並に形態の変化、神経線維の変化、髄鞘の膨化、断裂及び崩壊、脳室上衣の変化、血管内皮の剝離、血管周囲の染色性の変化、血管拡張及び組織間隙の拡大である。

10mA 20分間通電の場合、生ずる脳幹部への影響は陽性所見を認めた動物Na202, 203及び205においては非可逆性の変化を含むと考える。

また2mA群においては、陽性所見を認めたのは6例中1例であり、この程度の通電では、病理組織学的にはほとんど変化を起さないものと考え。

次に右側頭骨乳突部三角一頭頂間に10mA 20分間定電流通電を行った場合の電流の流れを、病理組織学的所見より検討する。中脳水道より第4脳室底の特に通電側の上衣細胞、上衣下層の変化があり、その周囲組織に変化が広がっていること及び右IC表層、CIC及び右LLに所見を認め、その程度は表層に近い方が強いことより、電流の第1の経路は、髄液系または髄液系とこれに接する脳幹部の表層を介したと考える。また、下丘レベルより橋レベルまでの、

■■■■■: 陽性所見を認める部位

図25 陽性所見を示す部位の再構成図
(Number は Snider-Niemer, 1961 による)

主として細血管及びその周囲の変化を認めたことにより、第2の経路は、血管系を介したと考える。しかしながら一方で、右前庭神経核群、右蝸牛神経核群、左右SOC及び、下丘レベルから橋レベルまで広く左右RF、左右MLF及び右LLに所見を認めたこと、及び左右差を認めたことは、神経伝導路を介した第3の経路を強く示唆する。また陽性所見の出現頻度並に障害の程度より、前庭神経系 $\geq$ 蝸牛神経系 $>$ 顔面神経系の順に電流が多く流れたのではないかと推測する。

図26に前庭神経伝導路と諸中枢²⁰⁾における陽性所見を認める部位を示す。通電側の前庭神経核群, MLF及びRF並に反対側のRF及びMLFの一部に陽性所見を認める。

図27に蝸牛神経系伝導路と諸中枢²¹⁾における

陽性所見を認める部位を示す。通電側の蝸牛神経核群, SOC, LL, IC及びCICと反対側のSOC, IC及びCICの一部に陽性所見を認める。

図26 前庭神経伝導路と諸中枢における陽性所見を認める部位の模式図
(Boasy's Atlas of Neuroanatomy, 1970 を改変)

図27 蝸牛神経伝導路と諸中枢における陽性所見を認める部位の模式図
(Thompson, Structure and function of the central auditory system, 1983 を改変)

考 案

頭部殊に側頭部通電刺激により異常な生体反応, 例えば電気性身体動揺反応及び電気性眼反応, が誘発されることは1792年 Volta が観察し報告している。その後, Purkinje (1820), Hitzig (1871), さらに多くの基礎的並に臨床的研究が報告されている。これらの研究の臨床応用として, 所謂 Galvanic test が, 前庭機能検査法に加えられてきた。そして臨床経験上から, 本法が, 迷路性・後迷路性疾患の鑑別診断に役立つことが明らかにされた。しかしなお, Galvanic test は, 負荷刺激の作用部位, 誘発反応の発現機序について未だ説明されていない点がある。

負荷刺激の作用部位を動物実験で説明する方法として; 1) 通常使用電流量・時間に比較して大きな負荷を行い, 病理組織学的検索を行う方法^{22)~29)}, 2) 組織の破壊あるいは神経切断実験²⁾³⁰⁾³³⁾, 3) 薬物実験, 4) 負荷刺激による誘発電位の変化を細胞外誘導で記録する方法³²⁾, 5) 通電刺激に他刺激を併用する方法³³⁾³⁴⁾, 及び6) 通電刺激結果を電気性眼反応あるいは電気性身体動揺反応を用い判定する方法^{35)~37)}等が報告されている。

本実験はこの1つとして, 1)の方法を採用し, unipolar test を用いた病理組織学的検索を指標とした。著者の研究室では, 臨床的に unipolar test 並に単極両耳法 (double galvanic test) を採用し, 後迷路疾患の鑑別診断, さらに患側の決定に有力な判定基準を得ており^{7)~17)}, この作用部位説明を目的と考えたからである。

一方, 1)に関する報告のうち南²²⁾²³⁾(1930) 小田^{24)~26)}(1929) 小幡²⁷⁾²⁸⁾(1953) 及び上塚²⁹⁾(1966) は, 全て両耳両極法を採用し, 動物実験を行っている。この理由は, 両耳両極法が最も少いあるいは弱い通電量で反応が得られること, 及び副作用が最も少ないことなどにより臨床的に一般に推奨されている方法⁵⁾であることによると推測する。従って本実験と相違する部

分もあるが, 概説すると: 南はモルモット及び家兎を用い, 20及び100mA を3分から30分間通電刺激し, 中耳, 内耳神経終末, 内耳神経組織, 蝸牛神経核群, SOC, 台形体核, 前庭神経核群, 顔面神経系及びNANに陽性所見を観察し, さらに極性により病理組織学的所見が異なること及び24時間後において炎症性変化に移行することを報告している。また南は, 報告中, モルモットの脳幹部に陽性所見を認める一方, 家兎の, 前庭神経系に陽性所見を認めなかったことにより, 前庭神経系中枢は, 電気性眼反応に直接関与しないと結論している。小田はモルモット, 家兎及び猫を用い, 4mA から50mA を15分間ないし16時間通電刺激し, 内耳神経終末部では病理組織学的変化は前庭及び半規管に限局していること, 内耳神経組織は, ラセン神経節及び前庭神経節ともに陽性所見を示すことを観察している。さらに所見は陰極側に強いこと及び通電直後に強いことを報告している。小幡はモルモットを用い, 7mA から30mA を数秒から60分間通電し内耳神経終末, 内耳神経組織に陽性所見を観察し, 報告している。上塚はモルモット及び家兎を用い, 100mA 及び250mA を30秒から10分通電刺激し, 内耳神経終末及び内耳神経組織に陽性所見を観察し, さらに極性により所見が異なること及び時間経過に従って回復することを報告している。

南の報告と今回の成績を比較する。著者の猫の橋レベルでは, RF, MLF, MLに陽性所見を認め, 髄鞘の腫脹, 断裂, 崩壊, 血管内皮及び血管周囲の変化, 上皮細胞及び上皮の変化を認めるが, 南のモルモットではこれを認めない。また南が報告したモルモット及び著者の猫の両動物に共通して認められた部位においても, 前庭神経核群のNissl小体の消失, 核の崩壊等, 陽性所見の程度が異なる。これら所見が異なることは, 南がbipolar test を用い両外耳道内に電極を設置しているのに対し著者は,

unipolar test を用い側頭骨乳突三角及び頭頂骨の骨内に電極を設置したことによる相違等による影響かと考える。

一般に臨床的に接触事故で電気エネルギーが中枢神経系に作用した場合、Peters³⁸⁾は、

- ① 発熱生
- ② 直接的作用
- ③ 間接的作用（二次的循環障害）
- ④ 外傷による作用（転落等）
- ⑤ 全身状態による変化（火傷等）

を分類している。そして低電圧電気に接触した場合、とくに第3脳室、中脳水道辺縁及び第4脳室底に小出血及び微小出血を認め、細胞病変として、クロマトリーゼ、腫脹、空胞形成及び核の移動、及び脳浮腫を認めると記載している。

本実験においては、出血は認めないが、血管及び周囲の病変を認め、組織の疎鬆化を認めることから、間接的作用が働いたと考える。しかしながら前述のように、前庭系、蝸牛系及び顔面神経系の伝導路及び諸中枢に変化、即ち髄鞘の変化、ニューロン及び周囲の変化及び神経線維の変化、これら諸変化と健常部が混在していることより、電気エネルギーによる間接的作用も考えられるが、さらに直接作用として、電気化学的作用が神経伝導路並に諸中枢に働いたのではないかと考える。

次にABRのI波からV波は、聴神経より下丘に至る蝸牛神経聴覚伝導路及び諸中枢に起因する反応であろうと推測されている。I波は頭皮上誘導のABR波形と局所の誘発電位の比較の結果、聴神経活動電位と報告されている。同様にIV・V波の局所誘発電位の比較検討Sonnmmer (1972) 及びICの破壊実験³⁹⁾の結果、両側ICはIV・V波に大きな関連があるという。II波は、臨床報告（聴神経腫瘍等）及び蝸牛神経核の破壊実験の結果、蝸牛神経核に大きな関連があると報告している。III波は、局所誘発電位、交叉性聴覚路破壊及び一側内耳破壊実験等の結果、両側SOCとくに反対側の

SOCに由来すると推測される。IV波は、両側IC破壊、交叉性聴覚路の切断、LLとSOCの破壊実験及び、IC破壊実験の結果、同側のLL及び反対側のICに関連すると推測される。またIV波、V波にも、交叉性が報告されている。

猫ABRの各波潜時について、安藤³⁹⁾はI波潜時 ($1.45 \pm 0.09 \text{ msec}$)、II波潜時 ($2.35 \pm 0.12 \text{ msec}$)、III波潜時 ($3.18 \pm 0.12 \text{ msec}$)、IV波潜時 ($4.38 \pm 0.16 \text{ msec}$)、及びV波潜時 ($6.08 \pm 0.32 \text{ msec}$) を報告し、Bucnwald (1975) は、I波潜時 ($1.4 \pm 0.2 \text{ msec}$)、II波潜時 ($2.6 \pm 0.3 \text{ msec}$)、III波潜時 ($3.5 \pm 0.4 \text{ msec}$)、IV波潜時 ($4.8 \pm 0.5 \text{ msec}$)、及びV波潜時 ($6.7 \pm 0.7 \text{ msec}$) を報告している。本実験の測定値は、I波潜時 ($1.35 \pm 0.15 \text{ msec}$)、II波潜時 ($2.2 \pm 0.2 \text{ msec}$)、III波潜時 ($3.25 \pm 0.15 \text{ msec}$)、IV波潜時 ($4.3 \pm 0.2 \text{ msec}$)、及びV波潜時 ($5.55 \pm 0.15 \text{ msec}$) であった。

10mA 20分間並に2mA 20分間通電刺激した結果、10mA 群においては右I波からV波及び左非通電側I波からV波に変化を認め、その変化量は、直後から3時間後に大であり、また左右差を認める。2mA 群においては、右I波からV波及び左IからV波に変化を認め、その変化量は、2から3時間後に大であり、10mA 群と比較して、反応が遅れ、また程度も軽い。

以上のことから、10mA 20分間通電の結果、ABR上では、相当部位は直後より何らかの影響を受け6例中2例は直後より3時間後が最大の変化であり、以後回復傾向を認め、一過性の変化と推測する。一方、6例中2例は24時間後に波形の消失、及び潜時の延長を認め、本実験期間内では、ABR上、回復傾向は認めない変化と推測する。2mA 20分間通電の結果、ABR上では、相当部位は、10mA 群に比較し、やや遅く反応し、2から3時間後に最大の変化を認め、一過性のものと推測する。また通電により変化の出現する部位は、同側の蝸牛神経、蝸牛神経核群近位、SOC、LL及びIC並に反

対側SOCの障害, さらにこれに至る伝導路の障害であることが推測される。

そして, 南, 小田, 小幡及び上塚の報告では, 側頭骨内内耳神経終末及び内耳神経組織の陽性所見は, 前庭系及び蝸牛系はほぼ平行した経時的变化を確認している。ABR上の所見及び南らの報告より, 通電刺激より24時間後までの経時変化として, I波の経時変化にほぼ平行して, 前庭神経組織または, 前庭神経組織及び前庭神経終末に同時に変化が起きているのではないかと推測する。なお本実験における病理組織学的検索の成績, 即ちニューロン, 髄鞘, 血管系及び支持組織の変化からは, ABR各波潜時の短縮傾向を示したことの説明はつかない。が, ABR上各波の変化より推測した蝸牛神経系上の障害部位と48時間後の病理組織学的に陽性所見を示す部位とは, ほぼ一致する結果と考える。

以上, 前庭神経伝導路及び諸中枢の中にも陽性所見を認めること, 直流電流が各神経伝導路を流れた可能性, 及びABR上の変化として, 当該部に通電直後より変化のある可能性があり, 通電刺激, unipolar test (側頭骨乳突部三角一頭頂), の主たる作用部位として前庭系のうち, 末梢前庭系及び脳幹部とくに, 前庭神経核群, MLF及びRFが今回の実験から考えられる。

臨床的に通電刺激, 即ち Galvanic test, を施行した成績中中枢に関して, Bos and Jongkees⁹⁾は PENG を用い, 電気性眼振の緩徐相・急速相が急速に変化しない事, 迷路性特発性眼振のある症例に通電負荷すると電気性眼振が特発性眼振の緩徐相に superimpose すること, さらに温度眼振と電気性眼振を同時に負荷すると電気性眼振が温度眼振の緩徐相に superimpose することより, 非前庭系であると結論した。Pfaltz ら¹⁸⁾は PENG 記録を用い, reversal phenomenon を指標として, 臨床例180例即ち, 脳幹下部, 橋部, 中脳及び皮質障害例を検討した。結果, 脳幹下部障害では一定した所

見はなく閾値上昇を認めるものがあること, 橋部障害では患側向き galvanic nystagmus の消失が起こる傾向にあること, 中脳障害では頻度及び振幅の増加傾向があり抑制中枢の障害が推測されること, C-P angle tumor では閾値は正常であること, 及び皮質障害では閾値は正常であるが Galvanic nystagmus 上障害側向き galvanic DP を示すことを報告した。高島⁴¹⁾は PENG を用い, reversal phenomenon を指標として, ①眼振解発閾値上昇, ②眼振解発抑制または廃絶, ③ galvanic DP, 及び④ galvanic hyperexcitability を分類し, 脳幹部障害で眼振解発抑制あるいは廃絶が起こる一方, 過敏反応, galvanic hyperexcitability, も起こることを報告し, また著明な視運動性眼振の抑制例に視運動性眼振と同時に通電刺激(2mA)したところ, ほぼ正常な視運動性眼振曲線が得られたことより, 電気性眼振の発現機構が所謂視運動性眼振反射回路と密接な関係を有するものであろうと推論した。

一方, 中島ら⁴²⁾(1980)はABR成績及びGBSTを指標として, 聴神経腫瘍例でGBSTの閾値上昇を確認し, 前庭脊髄反射路の障害と推測した。Tanaka ら⁹⁾は unipolar test を用い Computed GBST を指標とし, C-P angle tumor 例において患側の無反応を報告した。

臨床の諸報告において, 通電刺激に用いる電流量及び電極設置法は; ① galvanic nystagmus 及び reversal phenomenon を指標とする場合, Pfaltz¹⁸⁾(0.1—10mA, bipolar) 及び高島⁴¹⁾(0.1—10mA, bipolar), ② galvanic nystagmus を指標とする場合, Blonder ら⁴³⁾(1937)(0.5—5mA, unipolar), Kayan ら⁴⁴⁾(0.5—2.5mA, bipolar), Young ら (0—2mA, bipolar), Bos and Jongkees⁹⁾(2mA, bipolar), 時田ら³⁰⁾(1—8mA, bipolar), 及び福田ら⁴⁵⁾(3mA, bipolar), ③GBST を指標とする場合, 著者の研究室^{7)~17)}(0.6mA, unipolar 及び double galvanic), 中島ら⁴²⁾(0.5—2mA, unipolar) 及び Coats⁴⁶⁾(0.8mA, unipolar) である。

これらの中で、中脳障害における電気刺激の反応態度の変化を報告しているのは、前述 Pfaltz 及び高島である。同様に橋部障害における変化を報告しているのは、Pfaltz, 高島, 時田, Honjo, Tanaka ら及び中島らである。高島の橋部障害例で、galvanic hyperexcitability も起りうると報告したこと以外は、共通した所見が得られている。以上のことから、橋部障害、即ち galvanic nystagmus の閾値上昇及び GBST の閾値上昇は、指標、電極設置法、及び通電電流量によらず診断し得ると推測する。また中脳に関しては、GBST に比較して大きな電流量を用いる galvanic nystagmus を指標とする方が、諸報告からは優利かと考えられる。

一方、前庭神経核とくに上核から RF への投射路があり前庭系と密接な関係があること、RF の大部分の場所は促進的に働くこと、高島が電気性眼振閾値下 (2 mA) 刺激を温度眼振検査及び視運動性眼振検査に同時負荷した結果、前庭性眼振抑制例の著明な賦活を認めたこと、及び本実験の 2 mA 20 分間通電刺激において、II 波以降の潜時とくに通電側 II 波及び IV 波潜時の有意の延長傾向を認め、橋レベルあるいは橋レベルから下丘レベルの間には、通電刺激の作用が及んでいると推測されること (但しネンブ

タール麻酔下に電気性眼球偏位を認める通電量である) から、比較的弱い通電刺激においても、橋レベルあるいはさらに上位の障害部位診断に役立つ可能性がある。また 10 mA 群において前庭神経核群、MLF 及び RF に陽性所見を認めること、直流電流が神経伝導路を経由することが推測されること及び RF から脊髄に対して網様体脊髄路を介して抑制と促進の両方の影響を与える⁴⁷⁾ ことより、電気性眼振を指標とする場合と同様 GBST を指標とする場合にも中枢前庭系病変の局在診断が可能ではないかと考える。この場合、報告中、脳幹部障害例について述べられていないが、朴沢の³³⁾ Galvanogram, 関谷の Galvanogram が役立つと考える。

本実験で使用した刺激電流の種類は、時田らによれば、平流電流、急速通電によるものに相当するが、迷路に通電した場合、電気的刺激作用による反応と電気の緊張作用による反応があるという³⁰⁾。また鈴木⁴⁸⁾ (1967) は、平流刺激とパルス刺激の相違を報告している。

今後、迷路 (側頭部) に通電をする場合、刺激電流の種類、電極設置法及び指標の検討、また同時負荷等を考慮すれば、臨床応用として脳幹部障害の診断に更に役立つと考える。

結 論

本研究は、耳後部通電後の前庭神経系並に蝸牛神経系の変化、特に被刺激部位局在性について検討することを目的とした。指標は、電気性眼球偏位、ABR 及び病理組織学的検索である。神経耳科的にみて健康なる猫を用い、ネンブタール麻酔下に側頭骨乳突部三角 (陰極) - 頭頂 (陽極) 間通電実験を行った。通電波形は矩形波とし、通電時間は全て 20 分である。電気性眼球偏位は通電中並に通電後 24 時間にわたり経時的に観察した。ABR の計測は、潜時、波形及び波高について、通電前並に通電後 24 時間まで経時的に行った。病理組織学的検索は、通電 48 時間後に生体環流固定を行い、主として脳幹部並に陽電極直下の大脳より標本作製し、各種神経染色を行い、光顕的に観察した。成績は次の通りである。

1) 通電刺激時、10 mA 群及び 2 mA 群全例に電気性眼球偏位を認めた。

2) 通電時、短時間小さく通電側への眼球偏位を認めた。

3) ABR 所見上、10 mA 群一対照群間の群間比較において、右 I 波・III 波及び V 波潜時並に左 (非通電側) I 波及び V 波潜時に有意な差を認める ($P < 0.05$ 及び $P < 0.01$)。同様に 2 mA 群一対

照群間の群間比較において、左右ともI波からV波潜時に有意な差を認める。(P<0.05及びP<0.01)。

4) 10mA 群では、波形の消失は、右II波からV波及び左(非通電側)II波・III波及びV波に認める。2mA 群では、左右V波に認める。

5) 10mA 群の変化は、左V波を除き、2mA 群に比較して大であり、測定時間内非可逆性の変化も認める。2mA 群の変化は一過性と考ええる。

6) 10mA 群では、病理組織学的検索にて、右側の前庭神経核群、蝸牛神経核群、外側毛帯、顔面神経核、外転神経核、顔面神経、及び左右の脳幹網媒体、内側縦束、上オリブ核、中心灰白質、下丘及び下丘交連に陽性所見を認める。2mA 群は6例中1例に陽性所見を認める。

7) 本実験の通電刺激の作用部位として、末梢前庭系及び脳幹部とくに、前庭神経核群、内側縦束及び脳幹網様体が考えられる。

稿を終るにあたり、終始、懇切なる御指導と御校閲を戴いた恩師関谷透教授に深甚なる謝意を表します。また研究に際し適時御助言を頂いた、第一解剖学教室栗屋和彦教授、友永進助教授、精神神経科学教室山田通夫教授並に御協力を頂きました耳鼻咽喉科学教室各位に深く感謝いたします。本論文の要旨は、第8回日耳鼻中国地方部会(1982, 広島)、第30回日本基礎耳科学会(1983, 大阪)及び第84回日本耳鼻咽喉科学会総会(1983, 大阪)において発表した。

参 考 文 献

- 1) 石原亮: 前庭器の電気刺激に因て起る家兎の眼反応に就て。福岡医誌 13: 420~464, 1920.
- 2) Swaak, A.J.G. and Oosterveld, W.J.: The effect of galvanic stimulation on spontaneous nystagmus. *Oto-Rhino-Laryngol* 38: 140~147, 1976.
- 3) Bos, J.H. and Jongkees, L.B.W.: On galvanic stimulation of the labyrinth. *Pract Oto-rhino-laryngol* 25: 345~348, 1963.
- 4) 増田周: Galvanic test の研究。耳鼻臨床 53: 1507~1529, 1960.
- 5) 関谷透: Galvanic test の研究——加速度記録図法による電気性頭部動揺の観察と Galvanogram の表現——。68: 996~1015, 1965.
- 6) 松本圭弼: Galvanic test の臨床的研究——直立位における身体動揺について——。耳鼻臨床 63: 1013~1027, 1970.
- 7) 田中宗昭, 他: Medical Computer による Galvano-ARG の検討。Equilibrium Res 32: 67~69, 1973.
- 8) 田中宗昭, 他: Medical Computer による Galvano-ARG の検討。Equilibrium Res 33: 68~72, 1974.
- 9) Tanaka, M., et al.: Clinical significance of Galvanic Body-Sway. *Bull. Yamaguchi Med School* 22: 495~507, 1975.
- 10) Tanaka, M.: Investigation of Galvanic test ——Analysis of Galvanic Body-Sway using with medical data processing computer—— *Bull. Yamaguchi Med School* 21: 61~79, 1974.
- 11) Sekitani, T.: Vestibular neuroitis. *Bull. Yamaguchi Med School* 22: 317~324, 1975.
- 12) Sekitani, T. and Tanaka, M.: Test for galvanic vestibular responses——Survey thorough our experimental and clinical investigations for last 20 years——. *Bull. Yamaguchi Med School* 22: 439~452, 1975.
- 13) Sekitani, T.: Vestibular neuritis. *Bull. Yamaguchi Med School* 22: 317~324, 1975.
- 14) Okuzono, T., et al.: Computed Galvanic Body-Sway Test ——Peculiarity in vestibular neuronitis——. *Postual Reflex and Body Equilibrium* 2: 97~105, 1981.
- 15) Honjo, S., et al.: Body-Sway induced by galvanic stimulation. *Agressiologie* (Paris)

- 17: 77~84, 1976.
- 16) Honjo, S., et al.: Galvanic body-sway test for the differential diagnosis of vertigo. *Vestibular Mechanisms in Health and Disease* 342~348, Academic Press, London 1978.
- 17) 田中宗昭, 他: CP症例における Galvanic Body-Sway Testの有用性について. *Equilibrium Res* 37: 164~165, 1978.
- 18) Pfaltz, C.R.P., et al.: Galvanic test in central vestibular lesions. *Acta Otolaryngol* (Stockh) 65: 161~168, 1968.
- 19) 北原正章, 他: Galvanic test. 厚生省特定疾患前庭機能異常調査研究班昭和57年度研究報告書 P.42~46, 1983.
- 20) Bossy, J.: *Atlas of neuroanatomy and special sense organs*. W. B. Saunders Co. Philadelphia, 1970.
- 21) Thompson, G.: Structure and function of the central auditory system, *Seminars in Hearing* 4: 81~95, 1983.
- 22) 南徳次: 電気刺激に因る聴器障害の実験的研究—聴器の病理組織学的的研究—. *耳鼻臨床* 24: 165~177, 1930.
- 23) 南徳次: 電気刺激に因る聴器障害の実験的研究—聴神経中枢経路に於ける病変に就て—. *耳鼻臨床* 24: 178~183, 1930.
- 24) 小田大吉: 電気刺激に因る聴器病理. *大日耳鼻* 33: 409~411, 1927.
- 25) 小田大吉: 電気刺激に因る聴器病理. *大日耳鼻* 34: 1147~1149, 1928.
- 26) 小田大吉: 電気刺激に因る聴器病理第(3回報告). *大日耳鼻* 35: 171~173, 1929.
- 27) 小幡達男: 電気刺激に因る聴器病変の実験的研究(前篇). *日耳鼻* 56: 619~625, 1953.
- 28) 小幡達男: 電気刺激に因る聴器病変の実験的研究(後篇). *日耳鼻* 56: 626~630, 1953.
- 29) 上塚萬壽男: 電気災害に因る聴器病変の実験的研究. *岡山医誌* 73: 731~748, 1966.
- 30) 時田喬, 他: 電気眼振検査法の検討. *耳鼻臨床* 60: 38~57, 1967.
- 31) 南徳次: 電気刺激に因る聴器障害の実験的研究(Ⅱ)—刺激後に発来する特発眼球震盪の発現部位に就いて—. *耳鼻臨床* 24: 44~57, 1930.
- 32) 吉野幸雄, 他: 電気性眼振に関する実験的研究. *日耳鼻* 73: 429~472, 1970.
- 33) 朴沢二郎: 電気性眼振の発現機構について. *耳鼻臨床* 60: 90~94, 1967.
- 34) Lowenstein, O.: The effect of galvanic polarization on the impulse discharge from sense endings in the isolated labyrinth of the thornback ray. *J Physiol* 127: 104~117, 1955.
- 35) 石川正: 内耳性筋反応に関する研究——筋電図による迷路性筋緊張——. *日耳鼻* 61: 1035~1045, 1958.
- 36) 石川正: 迷路直流通電刺激による筋反応——内耳性筋反応に関する研究——. *日耳鼻* 62: 443~462, 1956.
- 37) 青木茂: 反覆頭部通電による迷路反射の変化. *日耳鼻* 63: 765~777, 1960.
- 38) Peters, G.(挾間章忠, 他訳): 臨床神経病理学, 第9章物理的要因による中枢神経系, 第45節電気的エネルギーの作用による病変, 病理解剖学的変化 P.477~484, 医歯薬出版, 東京, 1976.
- 39) 安藤一郎: BSRの実験的研究—下丘破壊によるBSRの変化—. *Audiology Japan* 20: 210~220, 1977.
- 40) 黄田正忠, 他: 聴性脳幹反応における単耳刺激と両耳刺激——動物実験の考察——. *Audiology Japan* 23: 195~172, 1980.
- 41) 高島三喜: 電気性眼振検査の臨床的研究——PENNG記録による検討——. *日耳鼻* 74: 77~92, 1971.
- 42) 中島成人, 他: Galvanic Swayの刺激部位について——蝸電図検査成績との比較よりみた一考察——. *Equilibrium Res* 39: 29~33, 1980.
- 43) Blonder, E. J., et al.: The galvanic falling reaction in patients with verified intracranial neoplasms. *JAMA* 107: 411~412, 1936.
- 44) Kayan, A., et al.: The use of galvanic vestibular nystagmus in clinical otology. *J Laryngol* 503~513, 1974.
- 45) 福田精, 他: Galvanic testの一規準. *日耳鼻* 65: 279, 1962.
- 46) Coats, A.C.: Effect of varying stimulus parameters on the galvanic Body-sway res-

ponse. Ann Otol Rhinol Laryngol 82: 96~102, 1973.

- 47) 関谷透: 前庭神経系の伝導路とその中枢結合. めまい——基礎と臨床——, 本庶正一, 原田康夫, 関谷透共著, P. 67~89, 金原出版, 東京, 1976.

- 48) 鈴木淳一: 電気性迷路反射. 耳鼻臨床 60: 83~89, 1967.

原稿到着: 昭和59年2月13日

別刷請求先: 日吉正明

〒755 山口県宇部市小串1144

山口大学医学部耳鼻咽喉科学教室