OBJECTIVE AUDIOMETRY IN INFANTS: ELECTROCOCHLEOGRAPHY
AND BRAIN STEM RESPONSE

TADAHIKO INO

*Department of Otolaryngology, Faculty of Medicine, Keio University, Tokyo**(Director: S. Saito, M.D.)*

A total of 70 infants, complaining of hearing loss or speech retardation, were employed in this study. Evoked Response Audiometry (ERA) was carried out for 63 infants, Electrocochleography (ECoG) for 26 infants and Brain Stem Response (BSR) for 41 infants. The role of these objective audiological examinations in ped-audiology was evaluated.

The results were as follows:

- 1) ERA is the best method to judge whether the infant is total deaf or not.
- 2) Response thresholds of electrocochleographical AP and BSR were lower than those of ERA.
- 3) Thresholds of AP responses to tone pips of 2 kHz, 4 kHz and 8 kHz were in relatively good agreement with the behavioral hearing thresholds for pure tones of each frequency.
- 4) Response threshold of BSR to click was generally in good agreement with the subjective threshold for the same stimuli. In case of sharp-cut type high tone hearing loss (above 2 kHz), however, there was a great difference between them.
- 5) Latencies of AP in infants differ from those in adults.
- 6) Since standard deviations of BSR-latency were much greater than those of AP-latency, the measurement of BSR latency is not useful in differential diagnosis of hearing losses.

79A—0891. 23522

幼児の他覚的聴力検査の検討

—— 蝸電図, 聴性脳幹反応について ——

慶応義塾大学医学部耳鼻咽喉科学教室 (主任: 斎藤成司教授)

猪 忠 彦

I 緒 言

難聴が疑われる幼児の聴力検査は、言語獲得の可能性を判断する上に極めて重大である。乳幼児に対する聴力検査は従来より種々あるが、聴力の正確な測定は不可能であった。近年新しい他覚的聴力検査法として、蝸電図 (聴神経複合活動電位の記録) や聴性脳幹反応 (以下 BSR と省略) の記録が行われる様になって来た。他方、幼児の他覚的検査法として誘発反応聴力検査 (ERA) が行われてきていたが、麻酔深度の問題、反応波形の判定の難かしさなどがあって、患児の「きこえ」の状態を適

確に把握できなかった。私は今回、蝸電図法、BSR について検討を加え、末梢レベルでの聴神経系の活動状態を検討してきた。これらの新しい検査法が、従来より行われている ERA と異なって、どのような意義を持っているのかを検討した。

II 方 法

1. 検査対象

昭和48年9月より昭和50年2月までの間に、慶応義塾大学病院耳鼻咽喉科外来に難聴を主訴として来院した患児70名である。年齢は最少4ヶ月より最長9才8ヶ月

図 1 検査装置のブロックダイアグラム

で、平均年齢は2才10ヶ月である。

2. 誘発反応聴力検査 (ERA)

検査装置：図1のブロックダイアグラムに示す通りである。Audiometer (Rion, AA-34), 電子スイッチ (Rion, SB 01 A), 脳波増幅器 (三栄), 平均加算器 (三栄, Mediac MC 401), 記録装置 (理研, D-73) である。

刺激音：500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 8 kHz の Tone burst を使用し、その立上り立下り時間は 10 msec, 持続時間は 100 msec, 刺激間隔は 4 秒である。検査音は強い音から 10 dB~20 dB ずつ漸減した。

記録：(+) 電極を頭頂部, (-) 電極を耳垂, アース電極を前額鼻根部として差動増幅し、加算回数は60回とし、20回毎に加算波形を観察記録した。分析時間は2秒である。

麻酔：トリクロロールシロップ³⁷⁾ 90 mg/kg 内服後、30~45分様子を見て睡眠しなければ、コントミン 0.5~1 mg/kg 筋注を行う。それでも眠らない時は、後日薬用量を変更して再度施行した。

検査対象：対象患児70名中の63名に ERA を行った。

判定：誘発反応の遅い成分を指標とした。反応波形の基準として 500 Hz 90 dB の音で、guide pattern をとり²⁶⁾、各刺激の反応について検討した。20回加算毎に記録を行い、加算により成長して行く過程を観察した。なお各周波数、各音圧について検査するには2時間位を要し、その間睡眠深度を一定に保つのは不可能であった⁵⁾。

3. 蝸電図 (ECoG)

検査装置：図1にブロックダイアグラムを示す 発振

器 (Hewlett-Packard 社 434 Y), 電子スイッチ (Rion, SB-03), 減衰器 (安藤, AL-205), Audiofilter (Rion, SA 2701 B 型), パワーアンプ (SONY, TA 1000), スピーカー (サンスイ, SP-25) にて刺激システムを作り、前置増幅器 (日本光電, RB-5), Oscilloscope (日本光電, VC-7), 平均加算器 (日本光電, ATAC 401), X-Y Recorder (理研, F-3 B) にて記録システムは構成されている。

刺激音：蝸牛神経複合活動電位 (AP) の記録に際しては、2 kHz, 4 kHz, 8 kHz の tone pip を用いた²⁴⁾⁵⁰⁾。それぞれの音の条件については表1に示した。音の間隔は 150 msec とした⁴⁹⁾。

記録：鼓室内誘導法にて行った。(+) 電極として 80 μ のステンレススチールを用い、固定には生体用接着剤 (三共, アロンアルファ) を使用した。なお接地抵抗が 100 k Ω 以下となる時のみ誘導を行った。(+) 電極として耳垂に皿電極を、アース電極を前額部に接着した。加算回数は 200 回とし、解析時間は 10 msec である。AP 記録時には、蝸牛マイクロフォン電位が消去される様に random phase の立上りを持つ音を用いた⁵¹⁾。

麻酔：誘発反応聴力検査を終えて覚醒の状態になった患児に点滴静注を行うとともにケタラール 3~5 mg/kg

表 1 蝸電図刺激音 (Tone pip) の条件

周波数	立上り立下り時間	持続時間	波 帯 域
8 kHz	1 msec	3 msec	6,800~9,600 Hz
4 kHz	1 msec	3.5 msec	3,400~4,800 Hz
2 kHz	1 msec	3.5 msec	1,700~2,400 Hz

筋注を行う¹⁾³⁴⁾。15～20分後に針電極を経鼓膜的に鼓室岬角に固定した。

検査対象：70名の患児中26名に施行した。

判定：AP 反応の域値、潜時、振幅、波形について検討した。

4. 聴性脳幹反応 (BSR)

検査装置：図1にブロックダイアグラムを示す。クリック用パルス発生器 (日本光電, 電子管刺激装置 MSE-3 R), 減衰器 (安藤, AL 205型), パワーアンプ (ソニー, TA 1000), スピーカー (サンスイ, SP-25) を用いた。記録系装置は蝸電図と全く同一である。

刺激音：持続 0.1 msec の矩形波を 4,800～9,600 Hz の間で帯域濾波して与えた¹⁰⁾¹¹⁾¹⁵⁾²⁸⁾³³⁾⁴¹⁾⁴²⁾。音は 5～10 dB ステップで与え、正常人の可聴域値を 0 dB として音の強さを示した。この場合、0 dB から 70 dB まではほぼ直線的に振幅増加があるが、これ以上音圧をあげると、音が飽和したので使用しなかった。音刺激の間隔は 125 msec とした¹⁴⁾³³⁾⁴⁶⁾。

記録：血電極を用い、頭頂、耳垂間で誘導した。加算回数は 2,000 回、分析時間は 25 msec とした。増幅器の周波数帯域は 10 Hz～1 kHz (12 dB/Oct) とした。蝸牛マクロホン電位を消去するために Condensation click と Rarefaction click とを同数加算した。

麻酔：ERA の場合と全く同じである。

検査対象：70名中41名に施行した。

判定：聴性脳幹反応群 ($W_1 \sim W_5$) のうち、 W_1 と W_5 について潜時、域値などを検討した。

5. その他の検査法

条件詮索反応検査法 (COR) は 70 名中 30 名に行ったが、COR-Box (永島, S-1), Audiometer (Rion, AA-34) を使用した。

聴性行動反応検査は部屋の四隅に置いたスピーカーより白色雑音 (A 特性 98 phone) を与えて行い、70名中 43名に施行した。

Ⅲ 結 果 —蝸電図—

蝸電図を施行したのは26名である。これら26名の患児の聴力像は、他の検査結果をも考慮すると表2の様に分類できた。すなわち聴力はほぼ正常の者7名、高音漸傾型で比較的水平型の者6名、高音急墜型で高音で scale out を示す者6名、低音部にのみ残聴のある者2名、全ての音に反応なし5名である。

1. 反応の有無 —ERA と蝸電図の比較—

蝸電図における AP 反応の有無と ERA での反応の

表 2 蝸電図施行例 (26名) の聴力

ほ	ぼ	正	常	7 名
高	音	漸	傾	6 名
高	音	Scale out		6 名
低	音	残 聴		2 名
全	音	Scale out		5 名

表 3 ERA 及び蝸電図 (AP) の反応検出率

	蝸電図 AP 反応あり	蝸電図 AP 反応なし	
ERA 反応あり	16名	7名	88%
ERA 反応なし	1名	2名	12%
	65%	35%	

有無を検討した。しかしこの二つの検査法は、それぞれが扱う刺激音の周波数や最大音圧、音波形などに於て相違があり、単純な比較には問題がある。表3に示した様に反応検出率では ERA の方がはるかに高い。すなわち蝸電図施行者26名の中で AP 反応を認めなかった者が9名あり、その内の7名は ERA で反応を認めた。他方、蝸電図 AP 反応が得られたにも拘らず ERA で反応の得られなかったのは1例にすぎない。しかもこの1例は、ケタラル麻酔下に ERA を施行せざるを得なかった唯一の例で、背景脳波が小振幅の速波で反応検出の条件として不適当な点があったと考えられる例であった。

2. 反応域値

図2に、2 kHz, 4 kHz, 8 kHz の各刺激音に対する蝸電図の反応域値と、ERA の反応域値との関係を示した。ERA の反応域値は最も低いものでも 30 dB であるのに対し、蝸電図では 0 dB でも AP 反応の得られる例がある。図2に示された各点は大部分が斜線より上方にあって、反応が得られれば蝸電図 AP の反応域値の方が低いことになる。ERA, 蝸電図の両方に反応の得られた例について、ERA 反応域値と蝸電図 AP 反応域値との差が各刺激音によりどの様になるかを示したのが表4である。この結果から高調音になるにつれ、蝸電図の反応

表 4 ERA 反応域値と蝸電図 AP 反応域値との差

刺激音	例数	反応域値の差 (平均)	標準偏差
8 kHz	10	40 dB	19.9 dB
4 kHz	16	26.6 dB	21.3 dB
2 kHz	6	18.3 dB	16.0 dB

図 2 ERA と蝸電図 AP の反応域値
横軸は tone pip を刺激音とした蝸電図 AP 反応域値を示し、縦軸は tone burst を刺激音とした ERA 反応域値を示す。●印は 8 kHz の刺激音、+印は 4 kHz の刺激音、△印は 2 kHz の刺激音に対する反応域値を示す

表 5 純音聴力域値と蝸電図 AP 反応域値との差
(成人突発難聴例)

音	例数	純音聴力域値と反応域値の差 (平均)	標準偏差
8 kHz	15	2.7 dB	6.29 dB
4 kHz	17	2.9 dB	8.24 dB
2 kHz	12	8.3 dB	9.86 dB

がより得られやすい傾向があると言える。

図 3 には、突発難聴の成人で純音聴力検査と蝸電図を行った者の、純音聴力損失値と蝸電図 AP 反応域値との関係を示した。表 5 には、突発難聴の成人の純音聴力損失値と蝸電図 AP 反応域値との差を検討した結果が示されている。2 kHz, 4 kHz, 8 kHz の差の平均を相互に

図 3 蝸電図 AP 反応域値と純音聴力損失値 (突発難聴成人における資料)

横軸は蝸電図 AP 反応域値を示し、縦軸は標準聴力検査に於ける聴力損失値を示す。●印は 8 kHz tone pip の刺激音に対する AP 反応域値と 8 kHz 純音聴力損失値の関係を示す。以下同様に +印は 4 kHz, △印は 2 kHz である。

検定したが、いずれも有意の差ではなかった。従って 2 kHz～8 kHz の高調音については、蝸電図 AP 反応域値と純音自覚域値とは比較的近い値をとる傾向があると言える。

3. 反応潜時

潜時とは、音のはじまりから AP 反応のピークまでの時間である。音のはじまりとは、鼓膜の位置 (外耳孔までの距離 +3 cm) の所に置いたマイクロホンより記録された音波形のはじまりである。表 6 に 8 kHz tone pip に対する蝸電図 AP 反応の潜時を示した。聴力正常児群と難聴児群とにわけて、潜時の平均、標準偏差を求めた。この二群の間には有意の差が見当らなかった。この表に

表 6 8 kHz Tone pip に対する蝸電図 AP 反応潜時

音の強さ	聴 力 正 常 児			難 聴 児			突 発 難 聴 成 人			聴力正常児と突発難聴成人との潜時平均の検定
	例数	潜 時 平 均	標準偏差	例数	潜 時 平 均	標準偏差	例数	潜 時 平 均	標準偏差	
80 dB	7	1.8 msec	0.096 msec	7	1.8 msec	0.18 msec	8	1.6 msec	0.19 msec	10%で有意
70	7	2.0	0.096	6	2.1	0.17	8	1.85	0.28	—
60	7	2.3	0.12	6	2.3	0.17	7	2.1	0.16	5%で有意
50	7	2.6	0.13	5	2.6	0.12	6	2.5	0.16	5%で有意
40	7	2.85	0.19	5	3.0	0.17	6	2.85	0.11	—
30	7	3.2	0.25	5	3.4	0.44	3	3.2	0.12	—
20	7	3.5	0.325	—	—	—	—	—	—	—

図 4 8 kHz tone pip に対する蝸电图 AP 反応の潜時

横軸は刺激音の強さを示し、縦軸は潜伏時間を示す。——は聴力正常児の資料であり、……は突発難聴成人の資料である。縦に描いた線は標準偏差を示す。

図 5 4 kHz tone pip に対する蝸电图 AP 反応の潜時

横軸は刺激音の強さを示し、縦軸は潜伏時間を示す。——は聴力正常児の資料であり、……は突発難聴成人の資料である。縦にひいた線は標準偏差を示す。

表 7 4 kHz Tone pip に対する蝸电图 AP 反応潜時

音の強さ	聴 力 正 常 児			難 聴 児			突 発 難 聴 成 人			聴力正常児と突発難聴成人との潜時平均の検定
	例数	潜時平均	標準偏差	例数	潜時平均	標準偏差	例数	潜時平均	標準偏差	
85 dB	5	2.0 msec	0.13 msec	8	1.9 msec	0.27 msec	13	1.75 msec	0.27 msec	10%で有意
75	5	2.25	0.10	7	2.2	0.33	13	2.0	0.36	25%で有意
65	5	2.5	0.11	6	2.6	0.38	11	2.3	0.24	25%で有意
55	5	2.9	0.13	6	2.95	0.49	10	2.55	0.27	5%で有意
45	5	3.4	0.14	5	3.2	0.57	7	3.1	0.47	25%で有意
35	5	3.9	0.16	5	3.8	0.64	3	3.7	0.41	—

は、対照として成人の突発難聴者の資料を入れてあるが、これは正常者に蝸电图を行い得なかったこと、及び感音難聴では潜時に変化が出現しないと言われているからである。この聴力正常児と突発難聴成人の潜時について検定を行うと有意の差を示している。この結果は図 4 に示した。4 kHz tone pip に対する蝸电图 AP 反応の潜時については、表 7、図 5 に示したが、聴力正常児と突発難聴成人との差は一層明白になっている。

4. AP 反応の振幅

AP 振幅は、潜時にくらべ「バラツキ」の大きい指標である。鼓室内誘導法に於ける AP 振幅は、強音では表

表 8 強音 (85~80 dB) に対する蝸电图 AP 反応の振巾

	例 数	AP 振巾(平均)	標 準 偏 差
聴力正常児	14	46.88 μ V	29.9 μ V
難 聴 児	13	8.97 μ V	7.19 μ V

8 に示す様に、聴力正常児では 8.63 μ V~93.5 μ V の間にあり、その平均は 46.9 μ V、標準偏差は 21.9 μ V (N=14) であった。他方、難聴児では 1.94 μ V~25.6 μ V の間で、その平均は 8.97 μ V、標準偏差は 7.19 μ V (N=13) であった。この二群の標準偏差を検定すると 1%

で有意な為、母平均の検定は不可能であるが、難聴児の方が振幅が小さいことは明白である。

AP 振幅と音の強さの関係をパターンとしてとらえるには、AP 振幅を μV で表示するより、各人の最大振幅を 100% としてそれに対する割合で AP 振幅を表示する % Maximum の方式が、見かけ上「バラツキ」が少なく解り易い。図 6 には聴力正常児の AP 振幅の平均 (% Maximum) と音の強さとの関係が示してあるが、8 kHz の方では H 曲線と L 曲線⁵⁰⁾の変曲点が明確ではないが、4 kHz 刺激音では中等度音圧に於て変曲点がある様に見える。8 kHz と 4 kHz とのこの様なちがいを起こす原因は不明である。表 9 には聴力正常児の数値を示したが、難聴児については表 10 に示した。なお、難聴児では例数が少なく偏差が大きいため、最小値と最大値の幅を示した。

5. AP 反応波形の L 反応について

L 反応とは、弱い音に対する AP 反応のことである。図 7 には、聴力ほぼ正常の者の蝸电图記録が示してあるが、45 dB 以下の弱音の時に見られる L 反応は、65 dB 以上の強音の時には抑制されてしまっている。幼児蝸電

図 6 蝸电图 AP 反応の振幅音圧曲線（聴力正常児の資料）

横軸は刺激音の強さを示し、縦軸は AP 振幅を % Maximum で示したものである。——は 8 kHz の刺激音に対する AP 振幅を示し、……は 4 kHz 刺激音に対する振幅を示す。縦にひいた線は標準偏差である。

表 9 蝸电图 AP の振巾 (% Maximum) (聴力正常児)

8 kHz				4 kHz			
音の強さ	例数	振巾平均	標準偏差	音の強さ	例数	振巾平均	標準偏差
85 dB	7	100%	0	85 dB	5	100%	0
75 dB	6	72.1	3.25%	80 dB	6	86.8	10.61%
65 dB	6	59.3	6.58	70 dB	5	53.1	11.19
55 dB	6	45.2	6.87	60 dB	6	38.8	9.04
45 dB	6	34.2	6.63	50 dB	6	20.5	4.50
35 dB	6	27.0	5.99	40 dB	6	19.0	8.05
25 dB	6	20.2	5.03	30 dB	6	10.8	5.11
15 dB	6	11.9	3.02	20 dB	4	6.5	3.61

表 10 蝸电图 AP の振巾 (% Maximum) (難聴児)

8 kHz				4 kHz			
音の強さ	例数	最小値	最大値	音の強さ	例数	最小値	最大値
85 dB	5	100%		85 dB	6	100%	
80 dB	5	75.0	100%	75 dB	6	43.3	88.9%
70 dB	5	69.4	100	65 dB	6	32.1	88.9
60 dB	5	55.7	89.5	55 dB	6	19.5	66.7
50 dB	5	36.8	68.4	45 dB	5	12.2	44.4
40 dB	5	26.7	52.6	35 dB	5	4.9	33.3
30 dB	5	6.7	21.0				

8000Hz tone pips

Rise-decay time

1msec

Duration time

3msec

Repetition period

150msec

図7 聴力正常者の蝸電図記録

45 dB 以下で見られる L 反応は、65 dB 以上の刺激音では消失している。

図施行例の中に、強音に於ても L 反応が残っていて、H 反応に重なって認められた例があった。図8は、その様な H 反応と L 反応が重なった二峯性の波が認められた2才10ヶ月の患児の蝸電図記録である。この患児は歩行開始が遅く、遠域寺式乳幼児分析的発達質問表から情意発達・知的発達・社会的発達にも遅れがあり、神経系

の広汎な障害の存在を疑わせた例である。

6. SP 様電位について

AP より早く出現し、刺激音の持続時間と同じ長さを示す直流電位変動を SP と呼ぶ。図7の正常蝸電図ではこの様な電位変動はない。図9は聴力正常児ではあるが +SP を示した例である。この様な +SP を示したもの

図 8 強音でも L 反応の認められた症例の蝸電図記録

は二児であり、いずれも 8 kHz の強音に於てのみであった。図 10 は -SP を示した聴力正常児の蝸電図である。この様な -SP は 4 kHz の強音に対してはしばしば認められる。

Ⅳ 考 察 —蝸電図—

1. 反応の有無

蝸電図で AP 反応がとれるのは、刺激音が 1 kHz 以上の高調音の時のみである⁵⁰⁾。特に我々の注目している AP 反応は、蝸牛の主として基底回転の反応であって、蝸牛尖端部の反応は travelling-time delay によりうま

図 9 +SP が記録された症例の蝸電図記録
70 dB 以上の音で +SP が認められる (→印で示した所よりはじまる)

4000Hz tone pips

Rise-decay time

1msec

Duration time

3.5msec

Repetition period

150msec

図10 -SP が記録された症例の蝸電図記録

80 dB 及び 88 dB の強い音で -SP (↑印で示した) が認められる。

く加算されない⁴⁹⁾。ここに、蝸電図が他覚的聴力検査として限界を持つ原因がある。他方、ERA は種々の周波数の Tone burst を用いており、特に 500 Hz, 1 kHz の中、低音域で反応の検出が良いので、低音部に残聴のある患児では蝸電図にて無反応、ERA にて反応陽性となることが度々認められる。

蝸電図のこのような欠点を補うために低音部については蝸牛マイクロホン電位 (CM) を指標として検討しているが、実際には CM は周波数の情報を与えない³⁾、Artifact と CM を区別する方法がない、などの欠点がある。以上の様な欠点を持ちながらなおかつ他覚的聴力検査として蝸電図を行うのは、ERA と比較して①時間

がかからない②再現性がある③睡眠深度の影響を受けない④陰影聴取や遮蔽雑音を考慮する必要がない、など多くの利点があるからである²¹⁾。

今回の26名の症例中、蝸電図、ERA 共に無反応であったものは2例であった。Lyons 等 (1974)²¹⁾ も ERA と蝸電図を併施し、22例の retardate のうち9例が deaf であったと述べている。一方 Aran (1971)¹⁾ は29例の幼児に蝸電図を行い、9例が無反応であったが、そのうちの3例は低音の刺激に対して聴性行動反応を認めたとしている。

2. 反応域値について

表5に示した様に、蝸電図 AP 反応域値は純音聴力損

失値に較べ、8 kHz では 2.7 dB 上昇し、4 kHz では 2.9 dB 上昇し、2 kHz では 8.3 dB 上昇していた。しかし検討した例は突発難聴例で C₄-dip や C₅-dip などの聴力像を示した者がなかったので、このような症例でも検討する必要があるが残っている。

蝸電図 AP 反応域値と聴力損失値との関連については多くの者が検討している。吉江 (1973)⁵²⁾ は、クリックの自覚域値と反応域値の差は平均 0.2 dB にすぎないとしており、tone pip の自覚域値と反応域値の差も 7 dB 以内であると述べ、蝸電図が他覚的聴力検査として充分に役立つであろうことを示唆している。他方、Davis (1973) は、蝸電図の AP は聴覚域値の検査には役立たないと述べているが⁶²⁾、Portmann²⁹⁾、Elberling⁹⁾、Cullen⁴⁾、Hooper¹²⁾、Tyberghein⁴⁴⁾、など多くの者が指摘する様に 1,500 Hz 以上の高調音についてはある程度の周波数特異性がある、純音聴力損失値と比較的一致するというのが実際の様である。

上記のことから、26名の蝸電図施行者の聴力像を分類したのが表 2 であったが、これは 29 例について検討した Aran¹⁾ の報告と似ている。彼の資料では、9 例が無反応、4 例が異常反応、60~90 dB のものが 7 例、0~30 dB のものが 6 例であった。

3. 反応潜時

蝸電図 AP 反応の潜時は非常に安定しており²²⁾、強い音では標準偏差値は小さくなっていく。これまでの報告の大部分が、強い音では 1.2~1.5 msec の範囲に入っている。潜時と年齢の関係については、Liebermann¹⁹⁾ が年齢が幼いと潜時は多少延長すると報告し、また Aran²⁾ が域値付近の音では成人の方が潜時が延長すると報告している。図 4、図 5 に示した資料でも同様の傾向は認められており、潜時の決定が ① Travelling-time delay ② Neural delay⁴⁰⁾ ③ 基底膜の変位の大きさ⁴⁵⁾、などによって行われるとすれば、これらの部分での未発達が幼児での潜時の延長をおこしているものと考えたい。また 4 kHz の音に対する潜時が、8 kHz に対する潜時に較べ延長しているのは、蝸牛での応答部位が 4 kHz ではより尖端部にあることから考えて当然の結果である。

潜時の詳細な検討で、伝音難聴、混合難聴、感音難聴の一部などが鑑別できるとされており³⁰⁾⁴⁰⁾²⁵⁾⁵²⁾²³⁾、今回の 26名の症例の中にも、潜時の延長と副耳の存在から伝音難聴を疑った症例があった。表 6 及び表 7 に示した様に正常児と難聴児とで有意の差がないのは、難聴の原因が殆ど大部分感音難聴であるためと考えられる。

4. AP 反応の振巾

AP 反応の振巾は、基線からピークまでの高さを測るものと⁴⁸⁾、peak to peak を測定する者があるが¹⁾、今回は基線からピークまでの高さを求めた。吉江⁴⁹⁾、Salomon³²⁾ 等は AP 振巾音圧曲線から、聴覚一次機構に 2 つの感覚単位が存在することを指摘したが、幼児についても H 曲線及び L 曲線の二曲線が認められ、聴覚一次機構における機能の分化は既に成人と同様になっていることを示している。

5. L 反応について

L 反応をおこす部位はまだ明確ではないが、外有毛細胞系の反応であると考えられている⁴⁹⁾。ところでこの外有毛細胞系と内毛細胞系との間には Servomechanism 的な抑制機構があると言われ²⁰⁾³⁵⁾、その結果強音では L 反応が抑制されると考えるのが妥当である。図 8 に示した例は強音にても L 反応が認められており、これは高次な神経活動の異常が蝸電図 AP 波型上の変化として表われたと考えたい。

6. SP 様電位について

蝸電図法で SP がとれるのは事実らしいが¹⁶⁾⁵⁰⁾⁸⁾⁷⁾⁴⁴⁾、その意義についてはまだ不明確である。図 11 には、経過のよくわかっている成人のメニエル病患者の蝸電図記録が示しており、著明な +SP を示している。この症例はメニエル病の為に正円窓に食塩結晶を置く所謂 Arslan の手術を受けており、術後聴力が少々悪化している時に行われた蝸電図記録である。その他、変動する聴力障害例で SP 様電位を認めている例もあり、SP は蝸牛の機能異常を示唆するものと考えられる⁵³⁾。小児では、成人の様に詳しい病歴や症状の把握ができないので、小児における SP の意義は一層不明確である。

V 結果 —BSR—

BSR を施行した 41 名の聴力像は、表 11 に示した通りである。すなわち聴力正常児 18 名、高音漸傾型 6 名、高音急墜型で高音で scale out を示す者 5 名、低音部にのみ残聴のある者 5 名、全てに反応なし 7 名となった。

1. 反応の有無

BSR 反応群の中で、再現性のある¹⁸⁾ W₅ の有無と ERA の反応の有無との関係を表 12 に示した。蝸電図の場合と同様に、ERA の方が反応検出率が良い。BSR で反応を認めず、ERA で反応の得られた者が 6 例もあるのに対して、BSR で反応が得られたにも拘らず ERA で反応のなかった者は 1 例にすぎない。この一例は右耳に高度の難聴のあることがわかっており、右耳について

図11 +SP が記録された成人メニエル氏病患者の蝸電図記録
 ↑印で示した所が +SP の始まりである。N₁, N₂ などの AP は図の中に示した。

表11 BSR 施行例 (41名) の聴力

ほ	ぼ	正	常	18 名
高	音	漸	傾	6 名
高	音	Scale out		5 名
低	音	残	聴	5 名
全	音	Scale out		7 名

表12 ERA 及び BSR-W5 の反応検出率

	BSR-W5 反応あり	BSR-W5 反応なし	
ERA 反応あり	20名	6名	76%
ERA 反応なし	1名	7名	24%
	62%	38%	

表13 ERA 反応域値と BSR-W 5 反応域値との差

刺 激 音	例 数	反応域値の差 (平均)	標準偏差
ERA 反応域値 (8 kHz)—BSR-W 5 反応域値 (Click)	5	46 dB	18.8 dB
ERA 反応域値 (4 kHz)—BSR-W 5 反応域値 (Click)	15	48 dB	22.7 dB
ERA 反応域値 (2 kHz)—BSR-W 5 反応域値 (Click)	5	46 dB	15.9 dB

施行した ERA と、両耳聴でしか行えない BSR とを比較した例であった。

2. 反応域値—ERA と BSR の比較—

後に述べる様に、BSR は主として click の高音成分に対して得られるので、2 kHz, 4 kHz, 8 kHz の各 Tone burst に対する ERA 反応域値と、click に対する BSR-

W₅ 反応域値との差について検討した (表13)。この表に示したのは差の平均と標準偏差であるが、ERA の反応域値は少なくとも click に対する BSR 反応域値よりも 25 dB 以上上昇しているといえる。図 12 には全例の ERA と BSR の反応域値が示してあるが、BSR で反応が得られなかったにも拘らず ERA (2 kHz, 4 kHz,

図12 ERA と BSR-W₅ の反応域値
横軸は click を刺激音とした BSR-W₅ 反応域値を示し、縦軸は tone burst を刺激音とした ERA 反応域値を示す。

図13 Click 自覚域値と BSR-W₅ 反応域値
横軸は BSR-W₅ 反応域値を示し、縦軸は Click 自覚域値を示す。+印は 2 kHz 以上の高音急墜型難聴を示す例である。

8 kHz) で反応の得られた例が 2 名ある。このような例が存在することは考えにくく、この原因は ① ERA での波形判定に問題がある ② BSR の刺激音は 70 dB までしか出せない、の二点にありそうである。

3. 自覚域値と BSR 反応域値

BSR が他覚的聴力検査として役立つかはまだ明確ではない。そこで標準純音聴力検査を行い得た例で、BSR 反応域値や Click 自覚域値などとの関係を検討した。

図13には Click 自覚域値と BSR 反応域値との関係が示しており、+印で示した例は全て 2 kHz 以上で高音急墜型聴力像を示す者である。この様な聴力像を呈す

図14 比較的平坦な聴力損失を示す症例の聴力像
この症例の Click 自覚域値は 40 dB
BSR 反応域値は 50 dB

図15 低音障害型聴力損失を示す症例の聴力像
この症例の Click 自覚域値は 20 dB
BSR 反応域値は 30 dB

る者では Click 自覚域値と BSR 反応域値とは大きな差を示すが、一般には Click 自覚域値は BSR 反応域値より常に低く、その差の平均は 9.4 dB で、標準偏差は 5.7 dB であった (N=18)。

聴力像と BSR の反応域値については図14～図17に示す。図14は平坦な聴力損失を示す例、図15は低音障害型、図16は高音急墜型、図17は中音域障害型の各例であり、図の説明中に示した BSR 反応域値は高音域の聴力損失値により関係がありそうだと推察できる。今回オーディオグラムで得られた20名について BSR 反応域値と聴力損失値との関係を高音域、低音域にわけて検討し表14に示した。すなわち 2 kHz, 4 kHz の純音自覚域値のうちの低い方の値と BSR 反応域値との差を求め高音域とし、他方 250 Hz, 500 Hz の純音自覚域値のうちの低い方の値と BSR 反応域値との差を求め低音域とした。この結果から高音域の標準偏差と低音域の標準偏差とは 1% 危険率で有意の差があり、BSR 反応域値は高音域とより関係が深いと言える。

図16 高音急墜型聴力損失を示す症例の聴力像
この症例の Click 自覚域値は 30 dB
BSR 反応域値は scale out

図17 中音域障害型聴力損失を示す症例の聴力像
この症例の Click 自覚域値は不明
BSR 反応域値 20 dB

表14 純音聴力損失値と BSR-W₅ 反応域値との差

	例 数	差 (平均)	標準偏差
BSR 反応域値 (Click)—純音聴力域値 (2 kHz or 4 kHz)	20	3 dB	11.0 dB
BSR 反応域値 (Click)—純音聴力域値 (250 Hz or 500 Hz)	20	5.3 dB	20.6 dB

4. 反応潜時

聴力正常児と突発難聴成人の資料を対比させ表15及び図18に示した。音が弱くなるにつれ潜時は延長し、BSR-W₁ 反応の潜時は中等度音圧に於て急激に延長しており、蝸電図 AP 反応の潜時と極めて似た特長を持っている。これらの潜時を検討した結果 ①BSR-W₁ 潜時の偏差と蝸電図 AP 潜時の偏差とは 10% 危険率で有意の差 ②Click による BSR-W₁ 潜時は、tone pip による蝸電図 AP 潜時より短い ③正常児では W₁ 潜時の偏差と W₅ 潜時の偏差とは 5% 危険率で有意の差 ④強音での W₅ 潜時は成人と聴力正常児とは 5~10% の危険率で有意の差がある。などの結論を得た³⁸⁾。

W₁ と W₅ の間の peak interval の測定を行ってみた。それはシナプスや神経伝導の状態を示す良い指標と思われたからである。聴力正常児では、平均 4.73 msec (例数 16 名、標準偏差 0.28 msec) であり、成人 (突発難聴) では平均 4.57 msec (例数 12 名、標準偏差 0.32 msec) であった。これらを検定したと有意の差があるとは言えなかった。

5. BSR-W₅ 振巾

聴力正常児の W₅ 振巾は、強音では 1.18 μ V ~ 4.31 μ V の範囲にあり、その平均は 2.05 μ V (N=16) であった。他方難聴児の W₅ 振巾は 0.37 μ V ~ 1.52 μ V の間にあって、その平均は 0.86 μ V (N=6) であった。こ

表15 聴力正常児の W₁, W₅ 潜時と突発難聴成人の BSR-W₅ 潜時

	聴力正常児 W ₁ 潜時				聴力正常児 W ₅ 潜時				突発難聴成人 W ₅ 潜時				聴力正常児 W ₅ と突発難聴成人 W ₅ の潜時平均の検定	聴力正常児の W ₁ , W ₅ 潜時偏差の検定
	例数	潜時平均	標準偏差		例数	潜時平均	標準偏差		例数	潜時平均	標準偏差			
		msec	msec			msec	msec			msec	msec			
70 dB	16	1.5	0.18		17	6.45	0.39		15	6.15	0.40		5%で有意	1%で有意
60 dB	14	1.6	0.20		17	6.45	0.42		10	6.125	0.31		10%で有意	5%で有意
50 dB	14	1.75	0.25		16	6.55	0.43		11	6.3	0.36		25%で有意	5%で有意
40 dB	14	2.15	0.35		16	6.7	0.40		7	6.6	0.41			
30 dB	13	2.4	0.30		16	6.95	0.40		6	6.8	0.32			
20 dB	11	2.6	0.30		15	7.15	0.52							5%で有意
10 dB	6	2.8	0.32		12	7.4	0.48

図18 BSR-W₁ 及び BSR-W₅ の潜時音圧曲線
BSR-W₁ 潜時は聴力正常児の資料のみであり、BSR-W₅ 潜時は聴力正常児の資料(——)と突発難聴成人の資料(……)とについて検討してある。

の様に W₅ 振巾は非常に小さく、これを詳細に検討するには測定誤差が大きくなってしまふ。表16、図19に、聴力正常児13名の資料を示したが、標準偏差が非常に大き

表16 聴力正常児の BSR-W₅ 振巾と音の強さの関係 (% Maximum)

	例 数	平 均	標準偏差
70 dB	13	100%	0
60 dB	13	78.3	14.48%
50 dB	13	69.6	17.38
40 dB	13	62.8	17.74
30 dB	13	53.3	17.02
20 dB	12	42.1	16.61
10 dB	9	34.2	10.20
0 dB	6	19.9	6.56

図19 BSR-W₅ の振幅音圧曲線(聴力正常児の資料)
横軸は音の強さを示し、縦軸は BSR-W₅ 反応の振幅を % Maximum で表示した。縦にひいた線は標準偏差を示す

く、蝸電図 AP の様な細かい情報を得るには不適当な指標である。

難聴児の BSR の潜時や振巾については表17に示した

表17 難聴児の BSR (W₁ 潜時, W₅ 潜時, W₅ 振巾 (% Maximum))

音の強さ	W ₁ 潜 時			W ₅ 潜 時			W ₅ 振 巾		
	例 数	最小値	最大値	例 数	最小値	最大値	例 数	最小値	最大値
70 dB	6	1.5 msec	1.9 msec	6	5.75 msec	7.1 msec	5	100%	100%
60 dB	6	1.5	2.25	5	5.75	7.0	4	75.0	87.5
50 dB	4	2.0	2.45	5	6.0	7.1	5	54.5	87.5
40 dB	4	2.25	2.75	4	6.5	7.5	4	41.4	62.5
30 dB				3	7.1	7.75	3	31.2	74.9

が、「バラツキ」が大きく特別の傾向を見出し得なかった。

V 考 察 —BSR—

1. 反応の有無

Click 音のみで刺激する BSR と、各周波数の tone burst で刺激する ERA とを比較すれば、明きらかに ERA の方が検査にひっかかってくる可能性が高い。同一刺激により ERA と BSR を比較した報告は、古賀¹⁷⁾、Sohmer³⁴⁾ のものがある。Sohmer によれば、再現性、反応域値などの点で BSR の方が秀れていると述べている。他方、古賀は、反応域値という点では ERA、BSR に差がないが、Click が広い周波数分散を持つにも拘らず Click による ERA では低音の反応は得られないと述べている。一方、ERA は高調音 Tone burst では反応が得られにくい傾向があり、ERA では刺激音として低音域の Tone burst が是非必要となってくる。

2. 反応の潜時

反応の潜時や波形は記録系に入っているフィルターの影響をかなり受けるので、各報告者の資料を比較するには注意を要する。

BSR- W_1 の潜時は蝸電図 AP の潜時と一致すると言われているが、実際には BSR- W_1 潜時の方が標準偏差値が大きい。蝸電図では AP 潜時を用いて難聴の鑑別診断ができるとされているが、BSR- W_1 潜時を検討しても鑑別診断できる可能性はより少ないと言える。域値付近まで反応の残る BSR- W_5 の潜時を用いた場合には標準偏差は更に大きくなり、鑑別診断の指標として W_5 潜時を使うのは不適當であると言える。

$W_1 \sim W_5$ の潜時は年齢が少ない程延長している¹⁵⁾¹⁹⁾¹¹⁾¹³⁾³¹⁾³⁸⁾。潜時が成人の値に達するのは、Hecox¹¹⁾によれば12~18ヶ月、Rudolph³¹⁾によれば2才、堀内¹³⁾によれば2才4ヶ月以後、などと言われているが、実際にはもう少し遅いのではないかと考えられる(表15参照)。 W_1 、 W_2 の潜時が成人の値に達するのが、 W_3 、 W_4 の潜時が成人の値に達するより早いと言われ¹⁵⁾、Myelination の遅れが伝導時間の遅れとなって表われていると考えられる。

神経系の成熟度(Myelination)の程度を判断する上には、 $W_1 \sim W_5$ の間のピーク間隔の測定をすることが意味あると考えている。ピーク間隔については、Terkildsen⁴¹⁾ が $N_1 \sim N_2$ 0.9 msec, $N_2 \sim N_3$ 1.1 msec, $N_3 \sim N_4$ 1.6 msec, $N_4 \sim N_5$ 1.5 msec, (従って $N_1 \sim N_5$ 間隔は 5.1 msec) と報告したのがはじめてである。Tho-

rnton⁴²⁾ は、多発性硬化症では N_1 潜時は正常だが、 N_2 以後の潜時が遅れ巾の広い平坦な波形となると述べている。 $W_1 \sim W_5$ 間隔は音圧の影響を受けないとされており²⁷⁾²⁸⁾、今後検討すべき指標と考える。特に我々の資料から考えて 5 msec 以上の長さを持つ $W_1 \sim W_5$ 間隔は異常と考えて良いと思われる。

3. BSR- W_5 振巾

W_5 の波形には Slow response³⁹⁾ が重なっている為に、その振巾の測定には困難が多い。その他に低周波の高振巾の雑音も混入しやすく³⁶⁾、基線から negative peak までの測定をもって振巾とするには疑問が多い。むしろ Terkildsen⁴¹⁾、Thornton⁴³⁾ などの様に、Negative peak から次の Positive peak までの peak to peak でもって振幅を測定するのが良いと思われる。この様な方法で測定しても図19に示す様に標準偏差値が非常に大きく検討に値しないというべきである。

VI 結 論

1. 蝸電図

- i) 反応検出率は ERA の方が蝸電図より高い。
- ii) 反応域値は蝸電図の方が ERA より低い。
- iii) 蝸電図 AP 反応域値は、2 kHz, 4 kHz, 8 kHz の高調音に対しては純音自覚域値と比較的近い値をとる。
- iv) AP 潜時は、聴力正常児と突発難聴成人との間で有意の差がある。
- v) 強音での AP 振幅は、聴力正常児と難聴児の間で差があり、難聴児の方が小さい。
- vi) 正常児では、AP 振幅音圧曲線は H 曲線と L 曲線で構成されている。
- vii) 強い音では SP が記録されることがある。
- viii) 強い音でも L 反応の残っている例があり、これは神経系の異常を示唆するものと考えられる。

2. BSR

- i) 反応検出率は ERA の方が BSR より高い。
- ii) 高音域に於ける ERA 反応域値は、Click による BSR 反応域値より 25 dB 以上上昇している。
- iii) Click 自覚域値と BSR 反応域値とは比較的近い値をとる。但し 2 kHz 以上の高音急墜型難聴を示す者では大きな差が生ずる。
- iv) BSR 反応域値は、高音域における純音聴力損失値とより深い関係がある。
- v) BSR- W_1 潜時は蝸電図 AP 潜時にくらべ標準偏差値が大きい。 W_5 潜時となると標準偏差値は更に大

きくなる。従って BSR の反応潜時をもって鑑別診断を行うことは危険が大きい。

vi) BSR-W₅ 潜時は成人と幼児とは異なる。

vii) W₁~W₅ までのピーク間隔は成人と幼児では差がないという仮説を否定できなかった。

viii) W₅ 振幅音圧曲線は標準偏差が大きく、蝸電図 AP 振幅音圧曲線の様にパターンとして捉え分析することは不可能である。

参 考 文 献

- 1) Aran, J.M.: The Electrochleogram: Recent Results in Children and in some Pathological Cases. Arch. klin. exp. Ohr.-Nas.-u. Kehl., Heilk. 198 : 128-141, 1971.
- 2) Aran, J.M.: Clinical Measures of VIIIth Nerve Function. Adv. Oto-Rhino-Laryng., 20 : 374-394, 1973.
- 3) Beagley, H.A.: Can we use the cochlear microphonic in electrocochleography? Rev. Laryng., 95 : 531-536, 1974.
- 4) Cullen, J.K., et al.: Human Acoustic Nerve Action Potential Recording from the Tympanic Membrane without Anesthesia. Acta Otolaryng.-74 : 15-22, 1972.
- 5) Davis, H.: Sedation of Young Children for Electric Response Audiometry (ERA): Summary of a Symposium. Audiology, 12 : 55-57, 1973.
- 6) Davis, H.: Classes of Auditory Evoked Responses. Audiology, 12 : 464-469, 1973.
- 7) Eggermont, J.J.: Basic principles for electrocochleography. Acta Otolaryng., Suppl. 316 : 7-16, 1974.
- 8) Eggermont, J.J. and Odenthal, D.W.: Action potentials and summing potentials in the normal human cochlea. Acta Otolaryng., Suppl. 316 : 39-61, 1974.
- 9) Elberling, C. & Salomon, G.: Electrical Potentials from the Inner Ear in Man in Response to Transient Sounds Generated in a Closed Acoustic System. Rev. Laryng., 92 : 691-706, 1971.
- 10) Gerull, G. et al.: Properties of an early AER of 5-10 ms Latency. Rev. Laryng., 95 : 560-565, 1974.
- 11) Hecox, K. et al.: Brain Stem Auditory Evoked Responses in Human Infants and Adults. Arch. Otolaryng. 99 : 30-33, 1974.
- 12) Hooper, R.: Electrochleography. J. Laryng., 87 : 919-927, 1973.
- 13) 堀内潔子: 聴性脳幹反応とその臨床応用に関する研究. 日耳鼻, 78 : 807-819, 1975 (昭 50).
- 14) Jewett, D.L. & Williston, J.S.: Auditory-evoked far fields averaged from the scalp of humans. Brain, 94 : 681-696, 1971.
- 15) Jewett, D.L. & Romano, M.N.: Neonatal development of auditory system potentials averaged from the scalp of rat and cat. Brain Research, 36 : 101-115, 1972.
- 16) Kiang, N.Y.-S. & Peake, W.T.: Components of electrical responses recorded from the cochlea. Ann. Otol., 69 : 448-458, 1960.
- 17) 古賀慶次郎他: 幼児聴力測定法としての聴性脳幹反応 (BSR) と脳波誘発反応 (ERA) の関係について. Audiology (Japan), 18 : 318-326, 1975.
- 18) 小泉 智: 幼児睡眠時の聴性脳幹反応の恒常性について. 日耳鼻, 78 : 820-825, 1975.
- 19) Lieberman, A. & Sohmer, H.: Standard Values of Amplitude and Latency of Cochlear Audiometry (Electro-cochleography). Responses in Different Age Groups. Arch. klin. exp. Ohr.-Nas.-u. Kehl. Heilk., 203 : 267-273, 1973.
- 20) Lynn, P.A. & Sayers, B. McA.: Cochlear Innervation, Signal Processing, and their Relation to Auditory Time-Intensity Effects. J. Acoust. Soc. Am., 47 : 525-533, 1970.
- 21) Lyons, G.D. et al.: Electrochleography with retardates. Laryngoscope, 84 : 990-997, 1974.
- 22) Montandon, P.B., et al.: Recording auditory-nerve potentials as an office procedure. Ann. Otol., 84 : 2-10, 1975.
- 23) Odenthal, D.W. & Eggermont, J.J.: Clinical electrocochleography. Acta Otolaryng., Suppl. 316 : 62-74, 1974.
- 24) Odenthal, D.W. et al.: Diagnosis by electrocochleography. Rev. Laryng., 95 : 481-488, 1974.
- 25) 大橋 徹: 感音系難聴耳 (特に Sensory neural defects) に於ける蝸牛神経活動電位. 日耳鼻, 72 :

- 1269-1287, 1969 (昭 44).
- 26) 大西信治郎他: 睡眠時 ERA の波形判定基準 (1). *Audiology (Japan)*, 18: 189-194, 1975.
- 27) 大西信治郎他: Rise time, Duration の BSR への影響. *日耳鼻*, 78: 1038-1039, 1975 (昭 50).
- 28) *Picton, T.W. et al.*: Human auditory evoked potentials. I. Evaluation of components. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 36: 179-190, 1974.
- 29) *Portmann, M. & Aran, J.M.*: Electro-cochleography. *Laryngoscope*, 81: 899-910, 1971.
- 30) *Ruben, R.J. et al.*: Cochlear potentials in man. *Laryngoscope*, 71: 1141-1164, 1961.
- 31) *Rudolph, N. et al.*: Clinical experience with an early AER of 5-10 ms Latency. *Rev. Laryng.*, 95: 566-570, 1974.
- 32) *Salomon, G. & Elberling, C.*: Cochlear Nerve Potentials Recorded from the Ear Canal in Man. *Acta. Otolaryng.*, 71: 319-325, 1971.
- 33) *Sohmer, H. et al.*: Routine Use of Cochlear Audiometry in Infants with Uncertain Diagnosis. *Ann. Otol.*, 81: 72-75, 1972.
- 34) *Sohmer, H. et al.*: Electrocochleography or Evoked Cortical Responses: Which is Preferable in Diagnosis of Hearing Loss? *Rev. Laryng.*, 95: 515-521, 1974.
- 35) *Spoendlin, H.*: Degeneration Behavior of the Cochlear Nerve. *Arch. klin. exp. Ohr.-Nas.-u. Kehlk. Heilk.*, 200: 275-291, 1971.
- 36) *Spreng, M. & Keidel, W.D.*: Problems of Simple Averaging of Electro-physiological Recordings and the Use of Additional Methods. *Rev. Laryng.*, 92: 722-738, 1971.
- 37) *Suzuki, T.*: Problems in Electric Response Audiometry (ERA) during Sedation. *Audiology*, 12: 129-136, 1973.
- 38) 鈴木篤郎他: 聴性脳幹反応とその他覚的聴力測定への応用. *日耳鼻*, 77: 587-592, 1974 (昭 49).
- 39) 鈴木篤郎他: 聴性誘発反応の整理, 第23回中部地方連合会, 昭和50年9月7日.
- 40) *Tasaki, I. & Davis, H.*: Electric responses of individual nerve elements in cochlear nucleus to sound stimulation (Guinea pig). *J. Neurophysiol.*, 18: 151-158, 1955.
- 41) *Terkildsen, K.*: Electrocochleography with a far field technique. *Scand. Audiol.*, 2: 141-148, 1973.
- 42) *Thornton, A.R.D.*: The diagnostic potential of surface recorded electrocochleography. *British J. Audiol.*, 9: 7-13, 1975.
- 43) *Thornton, A.R.D.*: The measurements of surface-recorded electrocochleographic responses. *Scand. Audiol.*, 4: 51-58, 1975.
- 44) *Tyberghein, J.*: Cochleography and recruitment. *Rev. Laryng.*, 95: 497-501, 1974.
- 45) *Wang C-Y. & Dallos, P.*: Latency of Whole-Nerve Action Potentials: Influence of Hair Cell Normalcy. *J. Acoust. Soc. Am.*, 52: 1678-1686, 1972.
- 46) 八木聡明他: 幼小児難聴診断における Brain Stem Response の有用性について. *Audiology (Japan)*, 18: 214-220, 1975 (昭 50).
- 47) 吉江信夫他: ヒトの聴神経活動電位. *日耳鼻*, 70: 920-931, 1967 (昭 42).
- 48) *Yoshie, N. et al.*: Non-surgical of Auditory Nerve Action Potentials in Man. *Laryngoscope*, 77: 76-85, 1967.
- 49) *Yoshie, N.*: Auditory Nerve Action Potential Responses to Clicks in Man. *Laryngoscope*, 78: 198-215, 1968.
- 50) *Yoshie, N. & Ohashi, T.*: Clinical Use of Cochlear Nerve Action Potential Responses in Man for Differential Diagnosis of Hearing Loss. *Acta Otolaryng., Suppl.* 252: 71-87, 1969.
- 51) *Yoshie, N.*: Clinical Cochlear Response Audiometry by means of an Average Response Computer: Non-surgical Technique and Clinical Use. *Rev. Laryng.*, 92: 646-672, 1971.
- 52) *Yoshie, N.*: Diagnostic Significance of the Electrocochleogram in Clinical Audiometry. *Audiology*, 12: 504-539, 1973.
- 53) *Yoshie, N.*: Electrocochleographic Classification of Sensorineural Defects: Pathological Pattern of the Cochlear Nerve Compound AP in Man. *Electrocochleography Conference*, June, 1974 (New York).
- 54) *Zvonar, M. et al.*: Anesthesia and sedation for electrocochleography. *Acta. Otolaryng., Suppl.* 316: 37-38, 1974.

稿を終るにあたり、御指導、御校閲下さった恩師齊藤成可教授に心より感謝致します。また、終始直接御指導下さった国立小児病院耳鼻咽喉科部長古賀慶次郎博士（慶応大学講師）に厚く御礼申し上げます。また、本研究に着手するにあたり種々御助言下さった信州大学吉江信夫講師に謝意を表します。

なお、種々御協力いただいた、神崎仁講師をはじめ慶応大学病院耳鼻咽喉科聴覚前庭研究班の諸先生に御礼申し上げます。

(原稿受付 昭和 51. 3. 22日急載)