

誘発反応聴力検査法の信頼性

—特に自覚的聴力検査法との比較—

浅野 尚* 金子 敏郎* 鳥居 雅江* 小久保 正大**

(昭和48年7月2日受付)

要 旨

最近、乳幼児に対する他覚的聴力検査法として誘発反応聴力検査 (ERA) が広く行なわれるようになってきた。しかしこの検査法の信頼性についてはまだ十分に検討されたとはいえない現状である。そこで、主として6才以下の幼児を対象に ERA と自覚的聴力検査 (遊戯聴力検査および標準純音聴力検査) を行ない、それぞれの聴力閾値を比較した。即ち同一被検児について、ERA を行なってから約1年後に遊戯聴検を行ない、更にそれから約8カ月後に純音聴検を行なって三者の閾値を比較検討した。

1. 遊戯聴検または純音聴検で聴力正常と思われた例 (0 ないし 5 dB) の ERA は 30 ないし 40 dB であった。
2. ERA と遊戯聴検の比較では、両者の閾値差は 1000 Hz で最も大きく (15.2 dB), 500 Hz で最も小さかった (11.9 dB)。平均で 13.1 dB の閾値差があった。
3. ERA と純音聴検の比較では、上述と同様に 1000 Hz で両者の閾値差が最も大きく (15.5 dB), 500 Hz で最も小さかった (8.8 dB)。平均で 12.2 dB の差があった。
4. 上記の2つの群を比較すると、ERA と純音聴検の閾値差の方が ERA と遊戯聴検の閾値差より小さかった。
5. 遊戯聴検は純音聴検にくらべてやや閾値が高く出る傾向にあり、その閾値差は平均で 5.0 dB であった。
6. 以上、ERA は乳幼児に対する他覚的聴力検査法として信頼性が高いが、自覚的聴力検査とはおよそ ± 30 dB の範囲内で比較するのが良いと考えられる。

Keywords: 誘発反応聴力検査, 遊戯聴力検査, 純音聴力検査

略語一覧: dB: decibell, Hz: Hertz, ERA: evoked response audiometry, play-A: play audiometry, pure-A: pure tone audiometry, COR: conditioned orientation reflex audiometry

序 文

最近、乳幼児に対する他覚的聴力検査法のひとつとして誘発反応聴力検査 (evoked response audiometry,

以下 ERA と略す) が広く行なわれるようになった。その特徴は、1) 年令に制限がなく、1才未満の乳児にも施行できること、2) 聴力損失の程度が標準純音聴力検査 (pure tone audiometry, 以下 pure-A と略す) の

* 千葉大学医学部耳鼻咽喉科教室 (主任: 北村武教授), ** 千葉県特殊教育センター

HISASHI ASANO, TOSHIO KANEKO, MASAE TORII and MASAHIRO KOKUBO: The evaluation of evoked response audiometry (ERA). —The comparison of the acoustic threshold between ERA and the subjective audiometry.

Dept. of Oto-rhino-laryng, School of Medicine, Chiba Univ., Chiba Special Education Center.

Received for publication, July 2, 1973.

場合と同様に数値 (dB) で表現され得るから、成人の場合と同じ level で議論ができること、などが挙げられる。しかし ERA による聴力閾値が実際の聴力とどの程度関連があるか、いまだ十分に検討されていないのが現状である。

そこで今回、ERA を施行した症例のうち年齢が長じて遊聴聴力検査 (play audiometry, 以下 play-A と略す) および pure-A が行なえるようになったものを選び、ERA による聴力閾値と比較し、ERA の信頼性について検討した。

対 象

難聴または言語発達遅滞を主訴として、千葉大学医学部耳鼻咽喉科小児難聴外来および千葉県特殊教育センターを訪れた症例のうち、昭和 45 年 7 月から 47 年 1 月までの間に ERA を行ない、さらに 47 年 7 月に play-A 48 年 3 月または 4 月に pure-A を行ない得た 40 名について検討した。

ERA 施行時の年齢は 1 才から 4 才 8 カ月まで平均 2 才 4 カ月であり、play-A は ERA 施行後 4 カ月から 2 年 2 カ月して行なった。その時の年齢は 2 才 2 カ月から 6 才 8 カ月まで平均 3 才 7 カ月である。pure-A は play-A 施行後 8 カ月ないし 9 カ月して行なった。年齢は 3 才から 6 才 11 カ月平均 4 才 3 カ月である。一般に行なわれているより低い年齢で pure-A を行ない得たが、これは初診時より 3 年近くの間検者が被検児としばしば接触し、また頻回に聴力検査を行なったために被検児が検査によく順応したためと考えられる。

検 査 方 法

ERA はトリクロロールシロップ 0.5 ml/kg を内用させて睡眠下に行なった。睡眠の深さは Dement and Kleitman の分類の stage 3 になるように脳波を check し “high voltage slow wave” の時期を選んで検査を行なった¹⁾。電極は脳波用円板電極を使用し、関電極を頭頂部に、不関電極を乳様突起部におき、前額部中央を接地した。

刺激音は 500 Hz, 1000 Hz, および 2000 Hz の純音をオーディオメータからレシーバーを通して被検児の片耳に与えた。刺激間隔は 1 回/2 sec. duration は 100 msec. rise decay time は 10 msec である。

音刺激に一致して脳波を加算機で加算して反応波形の有無を判定した。加算回数は原則として 30 回とし、な

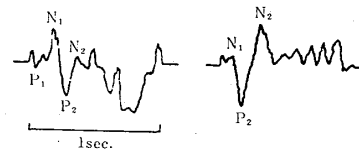


図 1. 典型的な誘発反応波形 (60 回加算)

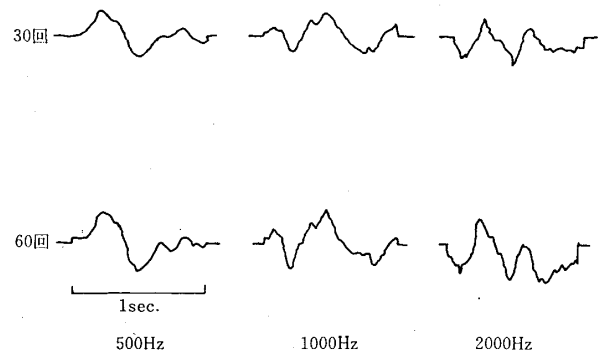


図 2. 加算による誘発反応波形の成長

お確認のために 50~90 回まで加算した (図 1)。

加算波形は $N_1P_2N_2$ を規準とし、 N_1 が不明の場合でも P_2N_2 が加算につれて成長するものは陽性と判定した (図 2)。

刺激音の強さは 10 dB 下降法によって行ない、1 つの刺激音について少なくとも 3 回検査を行ない、そのうち 2 回以上上述のごとき反応波形が出現した場合を陽性とした。

play-A は主として free field で行なった。すなわち被検児から 1 m はなれた所に Speaker を置き、ここから Warble tone を与えた。反応が不安定な場合は被検児の周囲 4 方向においた Speaker から順次音を出して行なった。

pure-A は成人の場合と同様の方法で行なった。

成 績

500 Hz, 1000 Hz および 2000 Hz について、ERA と play-A, ERA と pure-A, それに play-A と pure-A を比較した。

1. ERA と play-A の比較 (図 3)

1000 Hz では play-A による閾値 50 dB を境にして、それより高い閾値と低い閾値では ERA との関係が逆になっている。すなわち 50 dB 以下の場合は ERA の方が play-A より閾値が高く、50 dB 以上の場合は反対に play-A の方が ERA より閾値が高かった。50 dB 以下の場合、play-A で 0 dB であったものが 2 例あり、そ

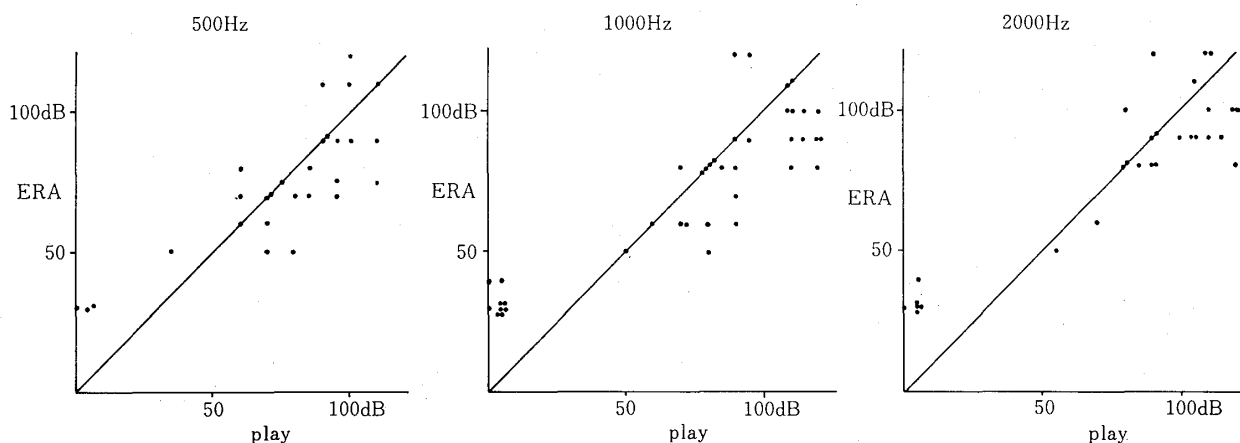


図 3. 誘発反応聴力検査 (ERA) と遊戯聴力検査 (play-A) の閾値の比較

の ERA はそれぞれ 30 dB と 40 dB であった。また play-A で 5 dB のものが 7 例あり、それらは ERA で 6 例が 30 dB, 1 例が 40 dB を示した。

50 dB 以上では 32 例中 20 例が ERA の方が play-A より閾値が低く, 9 例が両者が等しく, ERA の方が閾値が高かったのは 3 例にすぎなかった。両者の差は 16 例 (50%) が ± 10 dB 以内, 21 例 (65.6%) が ± 20 dB 以内, ± 30 dB 以内には 30 例 (93.8%) が含まれた。差の平均は 15.2 dB であった。

500 Hz の場合も 1000 Hz の場合と同様に play-A. による閾値が 50 dB 以下の 4 例共 ERA の閾値の方が高く, 反対に 50 dB 以上では ERA の閾値の方が低い例が多かった。すなわち play-A で 50 dB 以上の閾値を示した 24 例のうち ERA の閾値の方が低いもの 12 例, 両者が等しいもの 7 例, ERA の方が高いもの 5 例であった。両者の差は ± 10 dB 以内に 14 例 (58.3%), ± 20 dB 以内に 21 例 (87.5%), ± 30 dB 以内には 23 例 (95.8%) が含まれた。両者の閾値差の平均は 11.9 dB である。

2000 Hz の場合も 500 Hz, 1000 Hz の場合と同様の結果が得られた。play-A による閾値が 50 dB 以下では 7 例全例が ERA の方が閾値が高く, 50 dB 以上では 14 例が ERA の方が低く, 4 例が両者が等しく, 5 例が ERA の方が高かった。両者の閾値差は ± 10 dB 以内に 14 例 (60.9%), ± 20 dB 以内に 20 例 (86.9%), ± 30 dB 以内には 22 例 (95.6%) が含まれた。差の平均は 12.6 dB である。

以上 ERA と play-A による閾値を比較した結果をまとめると次のようになる。

- 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz のいずれの周波数においても 50 dB を境にして, それ以下の場合には ERA の閾値の方が高く, 50 dB 以上では, 反対に ERA の方が低い閾値を示すものが多い。
- play-A. で 0~5 dB すなわち正常聴力を示した例の ERA の値は 30~40 dB であることがほとんどである。
- play-A で 50 dB 以上の閾値を示した例, すなわ

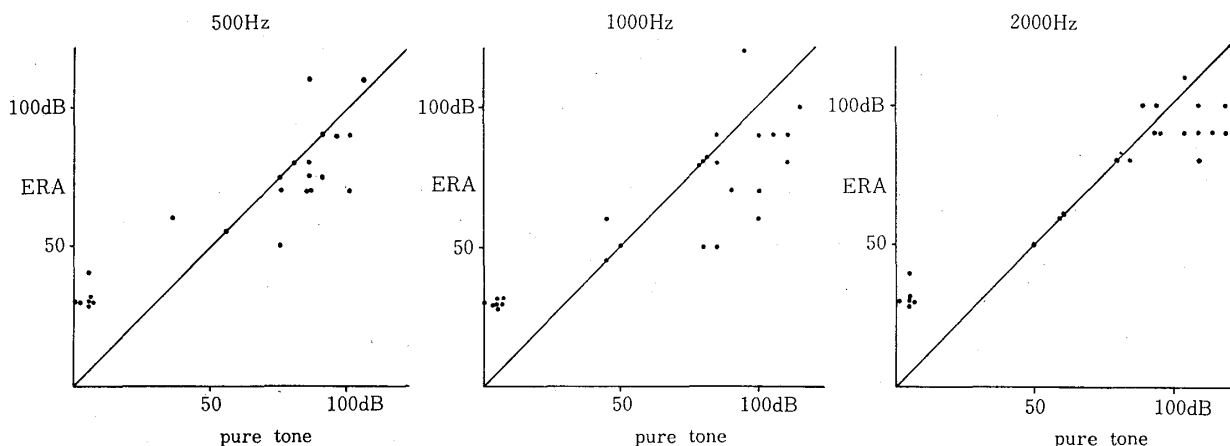


図 4. 誘発反応聴力検査 (ERA) と純音聴力検査 (pure-A) の閾値の比較

ち中等度ないし高度難聴児の場合、ERA と play-A との閾値差は ± 10 dB 以内に 55.6%, ± 20 dB 以内に 80.3%, ± 30 dB 以内に 95.1% が含まれた。その差は 500 Hz の場合が最も小さく、1000 Hz の場合が最も大きかった。平均して ERA と play-A では 13.1 dB の閾値差があった。

2. ERA と pure-A との比較 (図 4)

同様に 500 Hz, 1000 Hz および 2000 Hz について両者の閾値を比較した。

全体に共通している点は、ERA と play-A の比較の際みられたと同様に、50 dB を境にしてそれより以下では ERA の方が高い閾値を示し、50 dB 以上では反対に ERA の方が閾値の低い例がほとんどであることである。

両者の差は、 ± 10 dB 以内に、500 Hz で 62.5%, 1000 Hz で 42.1%, 2000 Hz で 64.7%, ± 20 dB 以内に、500 Hz で 81.3%, 1000 Hz で 68.1%, 2000 Hz で 88.2% が含まれ、 ± 30 dB 以内には、500 Hz と 2000 Hz は 100%, 1000 Hz は 89.2% が含まれた。1000 Hz の場合がほかの 2 つの周波数に比べて差が大きいことがわかる。平均すると ± 10 dB 以内に 55.8%, ± 20 dB 以内に 76.9%, ± 30 dB 以内には 96.2% が含まれた。

閾値差の平均は 500 Hz で 8.8 dB, 1000 Hz で 15.5 dB,

2000 Hz で 10.9 dB, 平均 11.9 dB であった。ERA と play-A の比較の場合と同様に 500 Hz で最も差が小さく、1000 Hz で最も大きい。両者の閾値差を比較すると 1000 Hz を除いて 500 Hz, 2000 Hz の場合に pure-A—ERA の方が play-A—ERA より閾値差が小さい。平均値でも 1.2 dB 小さい。すなわち、それだけ ERA は pure-A の値に近いといえることができる。

3. play-A と pure-A の比較 (図 5)

1000 Hz では 38 例中 23 例に両者の一致がみられ、8 例が play-A の方が高く、7 例が pure-A の方が高い閾値を示した。

500 Hz では 37 例中 19 例が両者が一致し、play-A および pure-A の方が高い閾値を示したのがそれぞれ 9 例ずつあった。

2000 Hz では 26 例中 15 例が一致、4 例が play-A の方が高く、7 例が pure-A の方が高い閾値を示した。

閾値差は、今までと異なり 500 Hz の場合が最も大きく (5.9 dB), 次に 1000 Hz (5.1 dB), 2000 Hz の場合が最も小さかった (3.5 dB) (表 1)。

両者の閾値差の分布をみると、全体として 0 dB を中心にほぼ symmetric に分布しているが、やや play-A の高い側に寄っている傾向がみられた。すなわち、play-A の方が pure-A より閾値がやや高い傾向があるように思われる。

表 1. ERA, Play-A, Pure-A の閾値差の比較

	Play-A ERA	Pure-A ERA	Play-A Pure-A
500 Hz	11.9 dB	8.8 dB	5.9
1000	15.2	15.5	5.1
2000	12.6	10.9	3.5
Mean	13.1	11.9	5.0

考 察

ERA を施行する場合の問題点は、脳波上、音刺激に対する反応波形であるか否かを決定するのにいまだ決定的な方法が定められておらず、検者によって異なった判断をされる恐れがあること、²⁾ また検査中、被検児を一

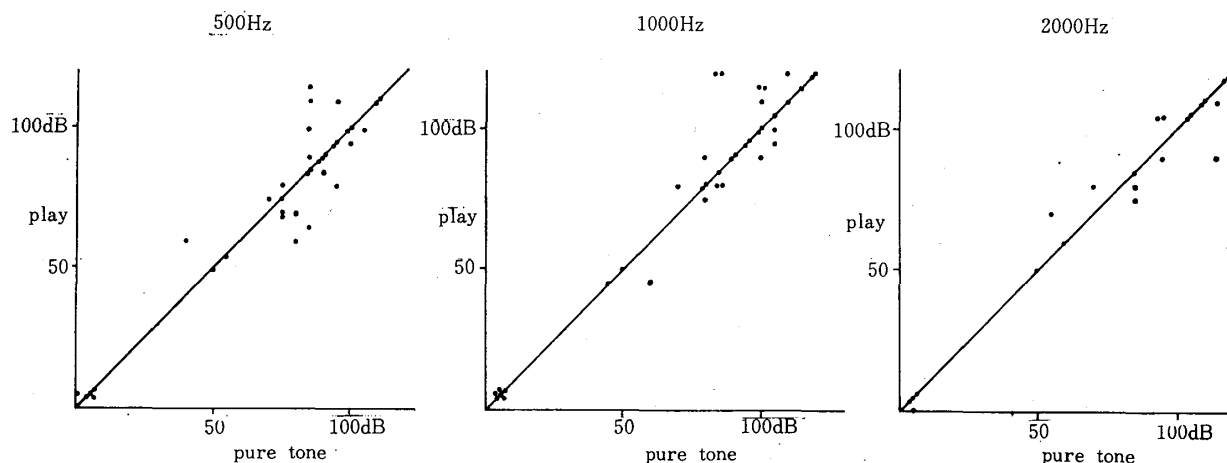


図 5. 遊戯聴力検査 (play-A) と純音聴力検査 (pure-A) の閾値の比較

定の状態（特に睡眠状態）に保っておくことがむずかしい、などが挙げられる。

現在われわれが ERA の指標として使っている脳波波形は Vertex potential と呼ばれる潜時が 50~60 msec より遅いいわゆる secondary response（また「遅い成分」）であり、これは聴覚、視覚等感覚刺激の種類によらず同様のパターンの誘発反応を示す⁹⁾。聴覚刺激に特異的な primary response（また「早い成分」）は、ヒトの場合一次聴覚領とみられる外側大脳裂（Sylvius 裂）の深部の横側頭回（Heschl 回）に出現するはずであるが、ここは皮質の深くに存在し、しかも面積もわずか 3~4 cm² であり、ここの活動電位を頭皮上から捕えることはむずかしい。⁴⁾したがって secondary response を反応の指標としているわけであるが、これは本来動物に備わった本能的な驚愕反射の電位を表現するものであり⁹⁾、先にも述べたように聴覚刺激に特異的でない。

そこで、同一条件下での音刺激に対する反応波形を、潜時の一致と波形の類似性をたよりに加算し、波形の成長をみることにより聴力の有無を判定しようとするのである。

以上の事情から察せられるごとく、反応波形であることの正否は仲々判定がむずかしく、しかもそれは脳の睡眠の状態にも多分に影響を受けるのであり、最近もう一度検討しなおされようとしているのが現状である。

さらに、この検査法の対象となるべき乳幼児は脳の発育途上にあるわけで、誘発電位を中枢神経系の出力を表現するものとする、脳の完成された成人とは同一に論ぜられないのは当然である。この検査法を脳神経の myelinization との関連において論ずるものもある。このことは実際上は、ERA と自覚閾値との差の問題として議論されている。

今までの報告の多くは、ERA による聴力閾値と自覚閾値とは、成人ではほぼ一致するが乳幼児では差があり、正常聴力児は 20~30 dB ERA による閾値が高く、難聴が高度になるにつれてその差が減じてくるというものである。Suzuki and Origuchi⁶⁾はこの説明として recruitment 現象による loudness の急峻な増大が関係していると推察しているが、沖津等⁷⁾は recruitment 現象の存在のほかに、高度難聴児においては一般に精神知能の発育遅滞や精神障害を伴うものが多く、条件づけがうまくできないために COR（conditioned orientation reflex audiometry 条件詮索反射聴力検査）の閾値が正常児または軽度難聴児にくらべて高く出ることとひとつの原因ではないかと述べている。しかし Taguchi ら⁸⁾は ERA は I. Q. による差がなかったと報告してい

る。

今回のわれわれの成績では、50 dB を境にして、それ以上の難聴児では ERA の方が play-A、pure-A より閾値が低かった。同様の結果を Suzuki and Origuchi⁶⁾、Rapin⁹⁾、折口¹⁰⁾が報告しており、Barnet¹¹⁾も ERA の方が閾値が低かった例を報告し、それらは発育の遅れがあったと述べている。

一方 Davis¹²⁾は 4 才~13 才の難聴児について自覚閾値の方がやや sensitive であったと報告している。

また今回のわれわれの検査で 50 dB 以下、とくに play-A および pure-A で 0~5 dB であった例の ERA は 30~40 dB であった。この点についても種々の報告があり、鈴木、田口は小児では成人よりも約 20 dB 閾値が高いと述べ、浅輪¹³⁾は覚醒時で 20 dB、折口は 30~50 dB で反応が出現したと報告している。

これに反して Davis は 4 才~15 才の小児で ERA と自覚閾値の差は 2.2 dB であったと述べており、Tyberghein and Forrez¹⁴⁾も ERA と COR の比較で差は ±30 dB を越えず、平均 2.3 dB であったと報告している。

しかし現在のところは、先述したように ERA の閾値の方が 20~30 dB 自覚閾値より高いという鈴木、田口の説に賛成するものが多いようである。今回のわれわれの成績はそれより約 10 dB 閾値が高かった。

つぎに、今回の検査の問題点のひとつとして、ERA と play-A ないし pure-A 施行の間で、その施行時期がずれているということである。ERA の対象となるべき乳幼児はほとんど play-A あるいは pure-A を行ない得ない。したがって同一被検児の Data をとろうと思うと、3つの検査の間に時間をずらして、すなわち ERA の検査後数カ月あるいは 1 年以上もしなければ play または pure-A は施行できない。そこで今回は ERA を行なってから 4 カ月ないし 2 年 2 カ月後に play-A を行なった。この期間に聴力が変動したのではないかという心配が残る。この時間的変動については、大西ら¹⁵⁾は 1 年半以内の再検で (ERA の) 閾値変動は 10 dB 以内であったと述べ、Barnet も 7 カ月~4 年後の再検査で 82% が一致していたと報告している。

この点を確かめるため play-A を行なって 8 ないし 9 カ月後に pure-A を行なって閾値の変動を調べた。その結果は、先述のごとく 500 Hz、1000 Hz、2000 Hz と両者の閾値差は 6 dB 以内であり、差も最も大きな 500 Hz の場合でも 5.9 dB、平均 5.0 dB の差であった。もちろん play-A と pure-A は自覚的聴力検査という点では同類であるが、方法に若干のちがいがあ

て閾値が多少異なることを考慮にいれなくてはならないが、この程度の差ならば時間的変動は無視できるのではないと思われる。

つぎに、ERA に対する play および pure-A の閾値差を比較すると、1000 Hz ではわずかに ERA—pure-A の方が大きい、500 Hz、2000 Hz では ERA—play-A の方が大きい。平均でも ERA—play-A の方が大きかった。沖津等は ERA—COR と ERA—play を比較し、ERA—play の方が閾値差が大きく、それは play-A による閾値が実際の聴力に近い閾値を呈するためと述べているが、今回のわれわれの成績からは、むしろ play-A の閾値は実際の聴力よりやや大きい値を呈することがわかる。それは play—pureA の比較からも、また ERA—play-A の方が ERA—pure-A より差が大きいことから推定できる。

つまり、ERA は Pure-A により近い値を示し、その差は平均で 11.9 dB、大部分が ± 30 dB の範囲内にあることがわかった。

今回はとくに“false positive”、“false negative”の問題¹⁶⁾をとり上げなかった。それはほかの感覚刺激の誘発波形と比較することにより¹⁷⁾、また睡眠深度を一定し、検査を繰返すことにより防げると考えたためでもあるが、他面、この検査法をさらに普及させるためには、ある程度睡眠深度が動揺しても検査が可能であることが必要で、その意味からも、もう一度検討しなおす段階にきていると考える。

北村武教授の御校閲を感謝します。

また千葉県特殊教育センター言語障害研究室の諸先生の御援助に心から御礼申し上げます。

本論文の一部は 1972 年 10 月 12 日、第 17 回日本オージオロジー学会で発表した。

SUMMARY

ERA was compared with the subjective audiometry. At first, ERA was obtained during sleep from 40 infants aged 1 to 4 years, and play audiometry was done for the same infants about 15 months after the examination of ERA, and the pure tone audiometry about 8 months after the play audiometry.

The acoustic threshold was compared between ERA and play audiometry, ERA and pure tone audiometry, play and pure tone audiometry.

1. ERA—play audio.

In normal subjects, the acoustic threshold of ERA was 30–40 dB, and in the cases with more than 50 dB hearing loss by play audio., the threshold of ERA was lower than that of play audio.

The difference of the the threshold between ERA and play audio. was 11.9 dB in 500 Hz, 15.2 dB in 1000 Hz, and 12.6 dB in 2000 Hz. The mean difference was 13.1 dB.

2. ERA—pure tone audio.

Normal subjects also revealed 30–40 dB hearing loss by ERA. In the cases having more than 50 dB hearing loss, the threshold of ERA was lower than that of pure tone audio.

This difference was 8.8 dB in 500 Hz, 15.5 dB in 1000 Hz, 10.9 dB in 2000 Hz and the mean difference was 11.9 dB.

3. play audio.—pure tone audio.

The threshold by play audio. was slightly higher than that by pure tone audio., and the average difference between them was 5.0 dB.

As a results, ERA has very high reliability as the objective audiometry for the infants, and the difference of the threshold between ERA and the subjective audiometry is within ± 30 dB.

文 献

- 1) 田口喜一郎：乳幼児誘発電位聴力測定, *Audiology*, 9, 231–241, 1966.
- 2) Cohen, M. M., Rapin, I. and Schimmel, H.: Auditory evoked response (AER) *Arch. Otolaryng.*, 94, 214–219, 1971.
- 3) 前沢恵子：聴覚性大脳誘発反応のおそい成分 (V-potential) について, *日耳鼻*, 70, 786–801, 1967.
- 4) 曾田豊二：Computer を用いた他覚的聴覚判定, *耳鼻と臨床*, 16, 1–48, 1970.
- 5) 鳥山 稔, 松崎 力, 林 宏典, 船坂宗太郎：電子加算機による脳波聴性反応に関する実験的研究, *日耳鼻*, 68, 196–203, 1959.
- 6) Suzuki, T. and Origuchi, K.: Averaged evoked response audiometry (ERA) in young children during sleep, *Acta Otolaryng., Suppl.*, 252, 19–28, 1969.

- 7) 沖津卓二, 三好 保, 南山裕子: 睡眠時難聴乳幼児の ERA の域値について, 日耳鼻, 75, 442-448, 1972.
 - 8) Taguchi, K., Goodman, W. S. and Brummitt, W. M.: Evoked response audiometry in mentally retarded children, *Acta Otolaryng.*, 70., 190-196, 1970.
 - 9) Rapin, I.: Evoked responses to clicks in a group of children with communication disorders, *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 112, 182-203, 1964.
 - 10) 折口 健: 睡眠時誘発反応聴力測定に関する研究—乳幼児における本法域値と条件詮索反射聴力測定域値との関係, 日耳鼻, 71, 1440-1453, 1968.
 - 11) Barnett, A. N.: EEG audiometry in children under three years of age, *Acta Otolaryng.*, 72, 1-13, 1971.
 - 12) Davis, H.: Slow cortical responses evoked by acoustic stimuli, *Acta Otolaryng.*, 59, 179-185, 1965.
 - 13) 浅輪 勲: 音響刺激による覚醒時人間大脳の誘発電位とその他覚的聴力検査への応用, 日耳鼻, 62, 743-759, 1959.
 - 14) Tyberghein, and Forrez, G.: Objective (E. R. A) and Subjective (C. O. R.) Audiometry in the infant, *Acta Otolaryng.*, 71, 249-252, 1971.
 - 15) 大西信治郎, 内藤百合子, 真鍋敏毅: 睡眠時誘発反応聴力検査による域値の変動, 日耳鼻, 74, 48-49, 1971, 総会号
 - 16) 大西信治郎, 内藤百合子: 睡眠時誘発反応聴力検査における false positive response の検討, *Audiology*, 15, 353-354, 1972.
 - 17) 沖津卓二, 三好 保, 山口 洋: 小児の誘発反応波形の判定について, *Audiology*, 13, 398-402, 1970.
-