RELIABILITY OF EVOKED RESPONSE AUDIOMETRY IN HEARING IMPAIRED YOUNG CHILDREN DURING SLEEP

MICHIHO YODA, M.D.

Department of Otolaryngology, Faculty of Medicine, Shinshu University, Matsumoto
(Director: T. Suzuki, M.D.)

In order to evaluate the reliability of the slow vertex evoked response audiometry in young deaf children during sleep, response detectability, rate of false positive decision, agreement between scorers and test-retest agreement were investigated in 6 young children aged 2 to 4 years with hearing impairment of 60 to 70 dB.

The slow vertex evoked response was recorded with a 1000 Hz pure tone at the intensity levels of 40, 60, 80 and 100 dB above averaged threshold of normal adults. Consecutive 50 stimuli were averaged and 10 averaged traces were obtained at each intensity level and without stimulation per subject. Then 3 trained scorers made independently decisions of presence or absence of an evoked response on a total of 300 traces prepared. For investigating test-retest agreement, a retest was performed 18 months later on 150 traces obtained from 3 out of 6 subjects.

Results obtained were as follows:

1. A marked increase in the response detectability was in changing the level of stimulus intensity from 60 to 80 dB (from 20.6% to 63.9%).
2. The rate of false positive response was 7.2% of the traces without simulation.
3. Agreement between 3 scorers was obtained in 77.0% of the total judgments.
4. More than 90% agreement was achieved between the first and second judgments with an interval of 18 months.

From the above mentioned results, the conclusion can be drawn that the slow vertex evoked response audiometry during sleep is reliable and valid in young children with impaired hearing.

79A—0844. 11022

難聴幼児睡眠時の誘発反応聴力測定の信頼性について*

信州大学医学部耳鼻咽喉科教室（主任：鈴木篤郎教授）

依 田 美 千 穂

緒 言

潜時 50 msec 以上の slow vertex response を指標とする、いわゆる誘発反応聴力測定（以下 ERA と略称する）は特に幼小児の他覚的聴力測定において重要な役割りを果している。しかし睡眠時幼児の ERA における反応の出現は種々の因子により左右され、山本¹¹⁾によれば正常幼児の睡眠時 ERA においては正常成人覚醒時の場

合に比べ反応出現の恒常性が弱く、また誤陽性判定の可能性も多いゆえに本反応による乳幼児聴力域値の決定には改善すべき多くの問題点のあることが指摘された。

しかし山本¹¹⁾の報告は正常児によるものであり、難聴児におけるこの種の検討は従来ほとんどなされていないので、今回臨床上問題となる 60-70 dB の中等度難聴児を対象に、睡眠時の反応出現率と音刺激強度との関係、誤陽性判定率、検者間一致度、検者内一致度に関して検

* 聴器機能検査法研究 第 103 報

討してみた。

実験方法

1. 被検者

実験は COR または play audiometry で 60-70 dB の聴力損失を持つ 2 歳 3 月から 4 歳 3 月までの幼児 6 名を対象に睡眠時に行った(表 1)。病歴及び局所所見から、全例感音性難聴であることが推定されている。

2. 加算波形の作成

実験装置の block-diagram を図 1 に示した。探查、基準、接地電極をそれぞれ被検児の頭頂部、乳突部、前額部におき、増幅器を介し、下記の音刺激による誘発反応を含む原波形をデータレコーダ (TEAC R-200) に記

表 1 被 検 者

条件 被検者	年 齢	鎮 静 剤	域値(測定方法)
A ₁	2歳3ヶ月	トリクロリールシロップ 70mg/kg 径口	75dB (COR)
A ₂	4歳3ヶ月	抱水クロラール注腸 5ml	65dB (COR)
A ₃	3歳3ヶ月	トリクロリールシロップ 70mg/kg 径口	60dB (COR)
A ₄	4歳3ヶ月	自然睡眠	右60dB左65dB (play audiometry)
A ₅	2歳8ヶ月	トリクロリールシロップ 70mg/kg 径口	60dB (COR)
A ₆	2歳8ヶ月	同 上	60dB (COR)

図 1 装置の block diagram

録した。次に記録された波形をコンピュータ (日本光電 ATAC-201) により 50 回加算し、XY レコーダ (横河 TYPE 3077) で加算波形にした。解析時間は 1 秒とした。一方原波形を電力増幅器を介してペン書きレコーダに送り、モニター用に供した。

被検児を自然に、あるいは鎮静剤によって睡眠させ (表 1)、原波形により睡眠相をモニターしながら、中等度から深睡眠時に涉って記録を実施した。実験時間は 1 日約 2 時間、1 被検者につき 2 日間をかけた。

刺激音は 1,000 Hz 持続 100 msec、立ち上り立ち下り 10 msec の純音で、2 秒に 1 回のわりでレシーバにより被検者の両耳に与えた。刺激音の種類は、音刺激(-)、40, 60, 80, 100 dB (正常成人の平均可聴域値を 0 dB とした) の 5 種類で、これらが無作為的な順序で与えられ、このような条件による 50 回加算波形を 1 条件あたり 10 個作成した。従って 1 名の被検者につき 50 個、総計で 300 個のサンプルを得た。

このようにして得られた 1 被検者あたり 50 個の加算波形を無作為的な順序で並べ、被検者ごとに判定に供した。

3. 波形の判定

判定を ERA の波形判定にある程度習熟している者 3

名に依頼した。判定は各自独立して行ってもらい、各判定者には実験条件 (被検者の年齢、自然睡眠か誘発睡眠か、鎮静剤の薬名と使用量、睡眠深度) が知らされ、反応は陽性または陰性と判定するものとした (forced choice method)。

再判定は被検者 3 名についてのみ 1 年半後に行われ、この場合も前回と全く同じ条件で行われた。

実験成績

1. 陽性判定率

COR または play audiometry で 1,000 Hz の可聴域値 60-70 dB と推定される中等度難聴児 6 名の 5 種の刺激条件による ERA 陽性判定率は表 2 に示したとおりである。刺激音の強さとそれに伴う症例ごとの平均陽性判定率の関係を図 2 に示した。山本による正常児の成績も同図に記入して比較した。この図を見ると、正常児の平均曲線に比べ、一般に難聴児では、ある刺激音の所で陽性判定率が急激に延び、その所で曲線が急峻な勾配を画いているように見える。そこで、ある音刺激段階で、陽性判定率が急激に増加する傾向を正常児の場合と比較するために、音刺激 20 dB の増加に伴う陽性判定率の増加の最大値を正常児及び難聴児について表示したのが表 3

表 2 睡眠時難聴幼児の陽性判定率 (%)

被検者	A ₁				A ₂				A ₃				A ₄			
検 者	B ₁	B ₂	B ₃	平均	B ₁	B ₂	B ₃	平均	B ₁	B ₂	B ₃	平均	B ₁	B ₂	B ₃	平均
(一)	20	10	30	20.0	30	0	0	10	0	0	0	0	0	10	0	3.3
刺 40 dB	50	30	40	40.0	30	0	30	20.0	10	0	0	3.3	10	0	10	6.7
激 60	30	60	10	33.3	10	10	30	16.7	10	20	20	16.7	0	20	0	6.7
音 80	40	80	20	46.7	70	90	50	80.0	20	80	10	36.7	100	100	100	100.0
100	90	100	70	86.7	100	100	90	96.7	100	100	100	100.0	100	100	100	100.0

被検者	A ₅				A ₆				平 均 値			平
検 者	B ₁	B ₂	B ₃	平均	B ₁	B ₂	B ₃	平均	B ₁	B ₂	B ₃	均
(一)	20	0	10	10.0	0	0	0	0	11.7	3.3	6.7	7.2
刺 40 dB	40	30	20	30.0	30	30	20	26.7	28.3	15.0	20.0	21.1
激 60	20	40	20	26.7	30	30	10	23.3	16.7	30.0	15.0	20.6
音 80	50	60	60	56.7	60	80	50	63.3	56.7	81.7	48.3	63.9
100	80	100	70	83.3	100	100	100	100.0	95.0	100.0	88.3	94.5

図 2 睡眠時幼児の陽性判定率

表 3 音刺激 20 dB 増強に伴う陽性判定率差の最大値 (%)

正 常 児 (山本による)						
被検者	検者	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	平 均
A ₃		60	30	60	60	52.5
B ₄		50	40	20	20	32.5
A ₅		30	30	40	50	37.5
平 均		46.7	33.3	40.0	43.3	40.8

難 聴 児					
被検者	検者	B ₁	B ₂	B ₃	平 均
A ₁		50	30	50	43.3
A ₂		60	80	40	60.0
A ₃		80	60	90	76.7
A ₄		100	80	100	93.3
A ₅		30	40	40	36.7
A ₆		40	50	50	46.7
平 均		60.0	56.7	61.7	59.4

である。正常児の成績は山本¹¹⁾の論文を参照して作成した。両群の平均の差の検定を行ってみたところ、危険率 5% で有意差があり、難聴児の方が正常児より音刺激の強さの増加に伴う陽性判定率増加度が高い、すなわち図 2 における曲線の勾配が正常児より急峻であることがわかった、

2. 誤陽性判定率

音刺激(ー)の段階における誤陽性判定率は表 2 に示したように、判定者または症例により 0~30% で、総平均は 7.2% である。この値は山本¹¹⁾における正常児の場合の 26.67% に比べて著しく低い値である。

3. 判定者間一致度

判定者 3 名の判定が (+, +, +) または (-, -, -) となった場合を一致したものと見なして集計をとると、表 4 の示すとおりで、全体として 77.0% の一致度を示した。症例間では A₁ 58%, A₄, A₅ 90% と、最大約 30% ほどの差が見られる。音刺激条件においては、音刺激(ー)では 90% 近い値を示すが、被検児の可聴域値の前後である 60 dB, 80 dB ではそれぞれ 68.3%, 61.7% の低い一致率を示している。これは判定者間の判定基準

表 4 判定者間一致度 (%)

被検者	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	平均
音刺激強度							
(ー)	80	70	100	90	80	100	86.7
40 dB	60	70	90	80	80	100	80.0
60	40	70	80	80	60	80	68.3
80	40	50	30	100	80	70	61.7
100	70	90	100	100	70	100	88.3
平 均	58	70	80	90	74	90	77.0%

の個人的差異が transition zone において最も著明に露呈されるためであろう。

4. 判定者内一致度

被検者 3 名の計 150 個のサンプルを 3 人の判定者が 1 年半後に再判定して、その間の一致度をみた。結果は表 5 に示した。両検査間の間隔が長いにもかかわらず、3 人の検者ともに 90% 以上のかかなり高い一致度を得ることができた。これは検者個人の判定基準がかなり維持されることを示している。しかし 60 dB, 80 dB においては 80% 台とやや低く、やはりこの段階における判定の困難さを示している。

表 5 判定者内一致度 (%)

被検者	B ₁	B ₂	B ₃	平 均
音刺激強度				
(ー)	93.3	100.0	96.8	96.7
40 dB	100.0	93.3	83.3	92.2
60	86.7	83.3	83.3	84.4
80	93.3	76.7	90.0	86.7
100	100.0	100.0	96.8	98.9
平 均	97.3	90.7	90.0	92.7%

考 按

正常幼児睡眠時の ERA 陽性判定率に関しては、すでに Appleby¹⁾, 田口¹⁰⁾, Suzuki & Taguchi⁹⁾ Rapin ら⁶⁾, 山本¹¹⁾などの研究がなされており、共通して述べられていることは、成人覚醒時と比較して、同一音刺激強度における陽性判定率が悪いということである。さらに山本¹¹⁾は音刺激強度と出現率の関係を示す図において (図 2 参照), 幼児睡眠時の曲線の勾配が成人覚醒時に比べて著しく緩やかで、ある音刺激段階の間で急激に出現率が増す

というような傾向の認められないことを指摘している。これに比べ今回著者の検討した域値 60-70 dB と推定される難聴児においては、図 2 に示すように、多くはある音刺激段階から曲線の勾配が急峻に立上っており、このことはある段階における音刺激の強さの一定の増加に伴う陽性判定率増加度が難聴児は正常児に比べ有意の差をもって高いという表 3 の成績によっても証明されている。この事実は恐らく、感音性難聴児の持つ recruitment 現象即ち域値上刺激音の loudness の急激な増強による誘発反応の振幅の増加と関係あるものであろう。既に Cody ら²⁾ は成人の各種難聴児と正常児との本反応を比較し、(1) 域値における平均反応振幅が正常児群に比べて、感音性難聴児の方が大であること、(2) 入出力曲線の勾配が感音性難聴児群の方が大であることを報告し、また折口³⁾ は幼児睡眠時 ERA において、正常児においては ERA の平均域値の方が、COR 域値より 10.5 dB 高いが、高度難聴児においては反対に COR の方が 2.5 dB 高いことを指摘し、その原因は recruitment にあると推定している。今回の著者の成績もこれらの報告中の成績と同一要因によるものと思われる。いずれにせよ、ある音刺激段階において急峻に反応出現率が増加して来るということは、反応域値の決定上極めて有利な条件であって、感音性難聴児の場合の方が正常児よりも信頼性の高い判定ができることを意味している。

誤陽性判定率に関してはいずれも正常者を対象にいくつかの研究がなされており、1971年 Rose ら⁷⁾ は覚醒時成人 50 名に判定者 6 人で 12~24%，1972年に Rapin ら⁶⁾ は覚醒時幼小児 44 名に判定者 2 人で 14、21%，同じく睡眠時にともに 31%，1974年鈴木ら⁹⁾ は睡眠時幼児 3 名に判定者 5 人で 10~35%，1974年山本¹¹⁾ は睡眠時幼児 3 名に判定者 4 人で 0~36.7% (平均 26.6%) の成績を得ている。今回の実験では睡眠時難聴幼児 6 名に判定者 3 人で 0~30% (平均 7.2%) の低い値を得ることができた。この原因について確定的なことは言えぬが、鈴木ら⁹⁾ が既に述べているように、誤陽性判定の頻度は睡眠深度に強く影響されるので、今回の被検児中には比較的浅睡眠時に記録され、自発脳波波形と反応波形との混同が起こり難しかった例が多かったためと考えられる。しかし一方 40 dB 音刺激段階は、今回の被検児にとっては恐らく域値下の刺激であり、この段階での陽性判定は誤陽性判定と見てよいと思われるが、この段階での陽性判定率は平均 21.2% で、前記 7.2% よりかなり大きい。この相違の原因は不明である。

判定者間一致度については、1971年 Cohen ら⁸⁾ は 20 例の睡眠時幼児の 464 個のサンプルを 3 人の判定者が判定し、全く一致したものが 49% であるとしている。1974年山本¹¹⁾ は 3 名の睡眠時幼児の 180 個のサンプルを 4 人の判定者が判定し 55.6% の一致度を得ている。今回著者は 6 名の睡眠時難聴幼児の 300 個のサンプルを 3 人の判定者に供し総平均 77.0% と前 2 者の成績よりやや高い一致度を得た。しかし 60 dB 及び 80 dB 段階ではそれぞれ 68.3%、61.7% であり、いわゆる transition zone においては判定者間の判定基準の相違のあることがかなり明瞭に示されている。

判定者内一致度については、Cohen ら⁸⁾ は 59.75%、Rose ら⁷⁾ は 65~88%、山本¹¹⁾ は 77.8%、92.2% の成績を得ている。難聴幼児を対象とした今回の成績は前 3 者に比べ、90.0、90.7、97.3% と高い一致度を得た。このことは判定者の判定基準の恒常性が高いことを示すものである。

以上睡眠時難聴幼児における ERA における反応の陽性判定率を種々の角度から検討してきた。これらを総合してみても、正常児に比べ域値上音刺激による反応出現の恒常性が高く従って判定の信頼性も高いということが言える。正常児を対象とした ERA に関する最近の研究の傾向として、反応出現の恒常性の低さと誤陽性判定率の高さ、判定の信頼性の低さのゆえに、ERA の他覚的聴力測定における有効性が少からず問題視されている。しかし、今回の成績からいえば、少なくとも難聴児を対象とする限り、ERA の有効性は再認識さるべきものではないかと考える。

結 語

難聴幼児 6 名を対象に睡眠時 ERA における反応の陽性判定率について検討し、正常児に比べ高い恒常性と低い誤陽性判定率を得た。このことにより難聴児を対象とする場合の他覚的聴力測定における ERA の有効性を再認識した。

文 献

- 1) Appleby, S.V.: The slow vertex maximal sound evoked response in infant. *Acta oto-laryng. suppl.*, 206; 146-152, 1965.
- 2) Cody, D.T.R., Griffing, T. & Taylor, W.F.: Assessment of newer tests of auditory function. *Ann. Otol. Rhin. Laryng.*, 77; 686-705, 1968.
- 3) Cohen, M.M., Rapin, I., Lyttle, M. & Schm-

- mel, H.*: Auditory evoked response (AER): Consistency of detection in young children. *Arch. Otolaryng.*, 94; 214-219, 1971.
- 4) *Dement, W. & Kleitman, N.*: Cyclic variations in EEG during sleep and their relation to eye movements, body motility and dreaming. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 9; 673-690, 1957.
- 5) 折口 健: 睡眠時誘発反応聴力測定に関する研究. 日耳鼻, 71, 1440-1453, 1968.
- 6) *Rapin, I., Schimmel, H. & Cohen, M.M.*: Reliability in detecting the auditory evoked response (AER) for audiometry in sleeping subjects. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 32; 521-528, 1972.
- 7) *Rose, D.E., Keating, L.W., Hodgecock, L.D., Schreurs, K.K. & Miller, K.E.*: Aspects of acoustically evoked responses: Inter judge and intra-judge reliability. *Arch. Otolaryng.*, 94; 347-350, 1971.
- 8) *Suzuki, T. & Taguchi K.*: Cerebral evoked response to auditory stimuli in young children during sleep. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 77; 102-110, 1968.
- 9) 鈴木篤郎, 田口喜一郎, 山本香列: 睡眠時幼児の誘発反応聴力測定における誤陽性判定について. 耳喉, 46, 455-459, 1974.
- 10) 田口喜一郎: 乳幼児誘発電位聴力測定. *Audiology Japan*, 9; 231-241, 1966.
- 11) 山本香列: 誘発反応聴力測定における判定に関する研究. 日耳鼻, 77; 641-649, 1974.
-
- 稿を終るに臨み, 御懇篤なる御指導と御校閲を賜った恩師鈴木篤郎教授に深甚なる謝意をささげます。また研究に際して御協力いただいた田口喜一郎講師, 山本香列先生に深く感謝いたします。
-
- (原稿受付 昭和 51. 2. 2日)