クリック刺激に対する聴性脳幹反応による聴力推定の試み

東京医科大学耳鼻咽喉科学教室（主任：船坂宗太郎教授）

高 瀬 二 郎

THE ATTEMPT OF ESTIMATING PURE TONE HEARING
BY AUDITORY BRAIN STEM RESPONSE USING A CLICK

JIRO TAKASE, M.D.

Department of Otolaryngology, Tokyo Medical College, Tokyo

The present study represents my attempt to investigate the feasibility of estimating pure tone hearing threshold from the latency and threshold of wave V of ABR to one-wave stimulation with 3KHz sine wave. The followings are results and conclusions obtained from this study.

1) In inner ear deafness, the ABR to clicks reflects responses from the limited area with a relatively high frequency range. In this group of subjects, there was noted some degree of correlation between mean hearing threshold at 1KHz-4KHz and the latency and threshold of wave V. It seemed possible to obtain a rough estimate of hearing acuity by using these parameters as indices.

2) In assessing the feasibility of this test in the newborn and infant, it is necessary to take their development of the nervous system into account. Newborns and infants in the present study were divided into less than 1 year and 1-4 years group, and made the corrected value respectively.

ABRs to so-called frequency-specific stimuli such as tone pips or tone bursts are usually poor in elicibility and, moreover, not always consistent with pure tone audiograms. It seems rather more practical, therefore, to roughly estimate hearing by the ABR using click stimuli. The test under investigation was thus concluded to be better suited to screening for hearing loss.

Key words: 聴性脳幹反応, 3KHz クリック, 内耳性難聴, 閾値推定

A90—0202—23522

I はじめに

聴性脳幹反応 (Auditory Brainstem Response —以下 ABR と略す) は, 1970年 Jewett¹⁾ および Sohmer²⁾ によって, それぞれ独立にほぼ同時に発見され, 報告された聴性誘発反応である。これは, 音刺激により誘発される聴神経および脳幹聴覚路の神経・神経核群に由来する反応電位であり, 潜時 10msec 以内に 5～7 個のピークをもつ far field potential である (図 1)。

本反応は, 現在中枢神経疾患 (脳幹障害) の診断手段として広く臨床に応用されるに至っているが, 発見当初より他覚的聴力検査として聴覚的分野への応用も

精力的に研究されてきた。

ABR は, もし周波数別の聴力が推定できるとの仮定が成立すれば, その高い安定性と再現性から, 新生児・乳幼児および自覚的な聴力検査のできない症例に対して, きわめてすぐれた他覚的聴力検査法になり得るものである。すでにこの点については, 我が国でもいくつかの報告がみられるが, 全般的に肯定的な見解をとる研究者が多い。たとえば, 小寺ら^{3)~5)}, 山根ら⁶⁾ は, tone pip を用いることにより, 会話域の聴覚閾値の測定が十分可能であるとし, また tone burst を用いても同様に定量検査が可能であると報告している。和

図1 ヒトの正常 ABR

田ら⁷⁾も tone pip を用いて他覚的オーディオグラムの作製ができるとしているが、彼の方法は反応閾値の悪い低音域での補正を必要とするものである。

しかしながら、一般に ABR の反応は刺激音の立ち上がり時間の長短、あるいは立ち上がり角度の大小により、その潜時、振幅に大きな変化を生ずるとされており^{8)~10)}、また音の立ち上がりのごく初期の部分のみが反応誘発に関与し、音の持続部分は何ら関与しないとする、いわゆる on 反応説が支配的である^{11)~13)}。

したがって、たとえば tone burst のように、刺激音に周波数特異性を可能な限り持たせても、これによって得られる反応が周波数応答性を有することにはならない。事実通常のオーディオグラムと比較して差のあることがしばしば認められる。

ABR に限らず、広く聴性誘発反応を用いた他覚的聴力検査の試みについての研究を概観すると、1) 可及的に周波数特異性のある刺激音を用いることにより、最終的に他覚的オーディオグラムを作製しようとする研究、2) 周波数特異性のある誘発反応を見出し、これを他覚的聴力検査の指標にしようとする研究とに分けられる。ABR に限れば、前者の方法は原理的に矛盾があるにもかかわらず、我が国ではこれを用いた業績が圧倒的に多く、その成果は上述した通り一定の制約のあるものである。後者は、広義の ABR に属するものになるが、40-Hz 対応反応¹⁴⁾、slow ABR (SN₁₀)^{15)~16)}、ABR の slow component^{17)~18)}などを指標とした研究がこれに相当する。

以上の事実を考慮した結果、筆者は全く異なった観点から ABR による他覚的聴力検査を検討することにした。すなわち周波数選択性を有する刺激音 (tone pip,

tone burst) はあえて用いず、クリック (3kHz サイン波 1 波) を用い、これとある特定の周波数群の平均聴力との対比を行い、ABR の他覚的聴力検査としての意義を追求することにした。その理由は、上述したように、1) ABR は本質的に on-反応であり、周波数特異性に乏しいこと、2) 刺激音に周波数特異性をもたせればもたせるほど、ABR の出現性が低下し、実用上利用価値が減ずるからである。なお実用上の観点から本論文は感音難聴の中でもっとも患者数の多い内耳性難聴に焦点をあてることにした。

II 方 法

1. 対象

ABR 検査の対象は、すべて感音難聴者とし、その中でも最も患者数の多い内耳性難聴について検討した。

内耳性難聴の診断については、一般聴力検査でリクルートメント現象陽性の所見が得られ、既往歴、その他の検査を参考にして決定した。その結果 150 耳を選定した。

また、純音聴力検査で正常聴力と確認できた 40 耳を対照群として比較検討した。

2. 刺激ならびに記録装置

ABR の音刺激は、3kHz サイン波 1 波のクリックを採用した。内耳性難聴耳については、V 波の潜時と V 波の閾値とを反応の指標として、純音聴力とこれらの指標との関係を追求した。なお V 波の潜時については、すべての症例に対して 110dB peak equivalent SPL (以下 pe SPL¹⁹⁾ と略す) の音刺激を最強音圧として与え、このときの V 波の潜時を被験者の“潜時”として計測した。この理由については考案のところで論述する。次に、この音圧刺激で ABR が記録されるものについては、原則として 10dB step で音圧を下げていき、V 波が記録される最小の刺激音圧を被験者の“閾値”として計測した。

検査には、リオン誘発反応装置 MA-02 型を使用し、音刺激は、右耳または左耳にレシーバを通して与えた。なお、非刺激側耳には必要に応じてホワイトノイズによるマスキングを行った。増幅器の周波数帯域は、315Hz~1600Hz とし、加算回数は 2000 回とした。刺激間隔は 71msec、解析時間は 10msec とした。電極は探查電極を前額部に、基準電極を検耳側乳突部に置いて反応波形を誘導し、positive up として脳波を記録した。被験者には安静・閉眼を指示し、可能な限り睡眠状態のときに検査を施行した。

III 成 績

3kHz サイン波 1 波の周波数スペクトルは、図 2 に示すように、他のクリックと同様広範囲のスペクトルを持ち、周波数特異性に乏しいが、ピークが 1kHz~4kHz をほぼ均等に分布することから、便宜的に 1kHz・2kHz・4kHz の周波数の平均聴力 (1kHz + 2kHz + 4kHz / 3) と ABR の V 波の潜時・閾値とを比較することとした。

1) オーディオグラムの型と ABR の関係

まず、内耳性難聴耳のオーディオグラムの型と V 波の潜時と閾値の関係について検討した。被験者のオーディオグラムを、i) 高音急墜型、ii) 低音障害型、iii) 水平~高音漸傾型、の 3 つに大きく分類し、それぞれの型における ABR の V 波の潜時と閾値の関係を調べ

図 2 3kHz サイン波 1 波の周波数スペクトル

図 3 内耳性難聴の患者で得られた各タイプ別の V 波の潜時と 1~4kHz 純音平均聴力
縦軸: V 波の潜時
横軸: 1~4kHz の純音平均聴力 (本文参照)

図 4 内耳性難聴の患者で得られた各タイプ別の V 波の閾値と 1~4kHz 純音平均聴力
縦軸: V 波の閾値
横軸: 1~4kHz 純音平均聴力 (本文参照)

た。

図 3 は、前述の方法で得られたオーディオグラムの平均聴力 (横軸) と、最強音圧の 100dB pe SPL 刺激における V 波の潜時 (縦軸) を図示したものである。高音急墜型を○, 低音障害型を×, 水平~高音漸傾型を△で示した。同一の聴力レベルで比較してみると、低音障害型 (×) の潜時は明らかに短く、水平~高音漸傾型 (△), 高音急墜型 (○) の潜時は、これよりも延長する傾向が認められた。また大まかにみて高音急墜型では聴力閾値の増大につれて潜時延長の傾向が認められるが、低音障害型ではこの傾向に乏しい。

図 4 は、オーディオグラムの平均聴力 (横軸) と、V 波の閾値 (縦軸) を図示したものである。図に示された限りでは、低音障害型は平均聴力と相関に乏しく、高音急墜型、水平~高音漸傾型となるに従い、相関が高まる傾向が示された。いま、水平~高音漸傾型の平均聴力 x と ABR 波の閾値 y との関係は $y = 0.59x + 52$ の回帰式となった。なお相関係数は $r = 0.606$ であった。水平~高音漸傾型は日常臨床上もっとも多くみられる型であるが、3kHz クリックを用いて 1kHz, 2kHz, 4kHz の平均聴力の推定はある程度可能であるとの結論となった。ちなみに低音障害型では相関係数は $r = -0.209$ で、高音急墜型では相関係数は $r = 0.687$, 回帰式は $y = 0.85x + 46$ となった。

2) 聴力と ABR の V 波の潜時・閾値の相関について。

図5 内耳性難聴の患者で得られたV波の潜時と1~4kHz純音平均聴力と回帰式ならびに回帰直線(実線)

図6 正常耳と内耳性難聴耳の潜時-強さ曲線の比較

實際上、ABRを施行する患者においては、オーディオグラム記録不能でその型も不明であることが多い。そこでオーディオグラムの型を無視して平均聴力との関係を追求めた。

①潜時について

1kHz~4kHzの平均聴力と、これに対するABRのV波の潜時との関係を図示すると、聴力レベルの増加とともに、図5のごとくV波の潜時は延長傾向を示した。両者の相関は図に記入したごとくである。

ところで、正常耳と聴力70dBの内耳性難聴耳との比較では、前者の平均が5.8msecに対し、後者の平均は6.2msecで、その差は閾値上の音圧差が70dBもある

図7 内耳性難聴の患者で得られたV波の閾値と1~4kHz純音平均聴力と回帰式ならびに回帰直線(実線)

るのに0.4msecときわめて幅が狭い。

そこで、潜時について正常聴力者と同一の感覚レベルで両者を比較してみた(図6)。筆者が用いている3kHzサイン波1波の正常耳の自覚閾値は40dB pe SPLであり、したがって最強音圧の110dB pe SPLは70dBSLに相当する。刺激音圧を10dBずつ下降させていき、V波の潜時曲線を求めた。これを図6に実線で示した。また、内耳性難聴耳の平均の聴力から算出した、正常耳と同一の感覚レベルでのV波の潜時を同図に点線で示した。両者を比較すると、内耳性難聴耳は正常耳に比べ少なくとも30~40dBSLまでは、同一感覚レベルで明らかに潜時の短縮を示すことがわかった。

②閾値について

閾値についても、潜時の場合と同様に、平均の聴力とV波の閾値との関係を図示した(図7)。平均聴力の上昇に伴いV波の閾値は上昇し、両者間に統計的に有意な相関が認められた。なお潜時と閾値の相関係数を比較すると、閾値の方が潜時よりも高い相関を示した。

3) ABRによる聴力の推定

以上の結果をもとにして、被験者の聴力レベル別の聴力の推定を試みた。

まず聴力レベルを、i) 0~10dBまでのもの(正常耳)、ii) 11~30dBまでのもの、iii) 31~50dBまでのもの、iv) 51~70dBまでのもの、v) 71dB以上のもの、に大別して、各々の聴力レベルにおける潜時と閾値の平均値と、95%信頼区間を計算した。なお、v)の71dB以上のものは過半数が、特に80dB以上のものは

図8 ABRのV波の潜時・閾値より聴力推定を行うためのチャート

ほとんどが無反応となったため、統計から除外した。

図8は、各聴力レベル別の潜時と閾値の95%信頼区間を、それぞれ上限別、下限別に分けて図示したものである。例えば、ある被験者のABRのV波の潜時が6msec、閾値が80dB SPLの場合、この被験者の1～4kHzの平均聴力は11dB～70dBの範囲に存すると推定される。ただし×印は、11～30dBの区画の中ではいわば第3象限に属し、51～70dBの区画の中では第1象限に属しているの、11～70dBの間でも31～50dBの間にある可能性が比較的つよいであろうと思われる。しかしながら各群とも大きく重なり合っており、聴力の定量的推定は不可である。ただ110dB SPLのV波の潜時が5.5msecより短くV波閾値が70dBより小さいときは正常聴力、同じくV波潜時が6.5msecより延長しているかV波閾値が100dB SPLより大きいときは、50～70dBあるいはそれ以上の難聴、つまり中等度以上の難聴ありと言えるに過ぎない。これが本法による聴力推定の限界である。

4) 新生児・乳幼児における聴力の推定

前述のABRによる聴力の推定は、4歳以上の被験者についてのものであり、これをそのまま新生児・乳幼児に当てはめることはできない。新生児・乳幼児については、神経系の生後発達によるABRの潜時・閾値の変化を考慮に入れなければならない。

図9は、4歳未満の正常児（聴力正常と考えられるもの）30耳のABRのI波、III波、V波の潜時を計測し、年齢別に示したものである。V波に注目すると、生後1年までは潜時の経時変化が顕著で、それ以降は潜時はほぼ安定してくる。I波、III波の速い成分の変化

図9 発達に伴う潜時の変化

表1 正常乳幼児のV波潜時と出現閾値

	1歳未満	1歳以上4歳未満
Latency	6.5msec (± 0.3 msec)	6.2msec (± 0.3 msec)
Threshold	75dB	60dB

cf. 4歳以上の聴力正常者のV波の潜時は、5.8msec
域値は、60dBである。

に比べ、V波の変化が最も大きいことは加我ら²⁰⁾の報告と一致した。

そこで、V波について、変化の著しい1歳未満の群と1歳以上～4歳未満の群に大別して、両者の潜時と閾値の平均値を算出すると、表1のような結果が得られた。したがって、この値で考慮した上で聴力の推定

を行う必要がある。すなわち、表1の値と4歳以上の正常聴力者のV波の潜時と閾値の平均値から、1歳未満の新生児・乳幼児については、得られた潜時から0.7msec、閾値から15dBを、4歳未満の幼児については潜時から0.4msecを、補正しなければならないとの結論となった。

IV 考 案

1) 周波数特異性をもつ音刺激とABRの出現性について。

筆者は、今回音刺激にクリック(3kHz sine波1波)を用いて聴力の推定を試みた。その結果は前項で述べたごとく、このクリックの主要成分である1~4kHzの平均聴力ですら、現実にはスクリーニング検査の域を出るものではなく、定量的検査としての意義には乏しい結果となった。つまり3kHz sine波1波が図2に示したような音響スペクトル分布を示したからと言って、その主要周波数帯域の平均聴力を示すものではないことが明らかとなった。同じようなことはより狭い周波数スペクトルをもつtone burst、またはtone pipについてもあてはまる可能性がある。そこで、この目的のために行ったtone pipおよびtone burstを用いた筆者の成績をあげて以下論及する。

①tone pip について

tone pipについては、0.5kHz、1kHz、2kHz、4kHz、の4周波数を刺激音として用いた。ところで、いわゆるtone pipと称されるものは、各施設により使用されているものが多少とも異なっており、いまだ統一された基準がない。筆者が用いた波形は、立ち上がり・立

図10 筆者の採用した tone pip

図11 図10の tone pip で得られた ABR 閾値と純音聴力検査閾値

図の上段左は正常者の自覚閾値の平均(点線)とV波の閾値(●)

●—● ABR 閾値
×—× 純音聴力検査閾値
○—○ 純音聴力検査閾値

ち下がり 2cycle, peak 1 cycle のもので、低い周波数の波形ほど、音の持続が長くなりかつ立ち上がり時間が延長する特徴をもつ(図10)。これは厳密な意味では tone pip ではないが、plateau のない点から tone pip とあえて称することにした。

図11は、同刺激音を用いた成績である。図の上段の左は正常者12耳における各周波数別の自覚閾値の平均(点線)と、V波の反応閾値(●で表示)を示したものである。ただし両者とも音の強さは SPL 表示とした。クリック刺激における正常耳のV波の閾値が50dB peSPL なのに比し、tone pip 刺激では反応閾値が高

図12 tone burst による ABR 閾値と純音聴力
検査閾値

図の上段左は正常者の自覚閾値の平均（点線）と V 波の閾値

く、そしてその傾向は低い周波数ほど強くなる。例えば 4000Hz では、反応閾値は 70～80dB SPL であるが、500Hz になると 90～110dB SPL（平均 100dB SPL）となる。

以上正常聴力者のみの成績から考えると、低い周波数の閾値を補正することにより、周波数別の聴力を推定できる可能性が示唆されるが、各型の内耳性難聴者でのオーディオグラムと反応閾値とを比較したのが小さな図である。ただしこれらの図では臨床実用上の観点からオーディオグラムの閾値は、標準聴力検査による測定をして HL 表示 ABR の閾値は SPL 表示とした。これから明らかな通り、ABR 閾値とオーディオグラム閾値とは聴力損失程度、オーディオグラムの型により著しい差異を示し、両者の間に相関のないことが明らかとなった。

②tone burst について

tone burst も、tone pip と同様 4 周波数を音刺激として用いた。音の立ち上がり開始から終了までの持続時間が 20msec のものを使用し、その立ち上がり・立ち下がり時間を 1msec, 4msec, 8msec と変化させて、その各々について ABR を記録した。

図12は、同刺激音を用いた成績である。図の上段左は、正常者 5 耳における各周波数別の自覚閾値の平均（SPL で表示、点線）と、V 波の反応閾値を示したものである。V 波の閾値は、立ち上がり時間の延長に伴って上昇し、立ち上がり時間 8msec (R=8) では、500Hz で 110dB SPL と高くなる。

図の下段は、各内耳性難聴者のオーディオグラムと、V 波の反応閾値を示したものである。立ち上がり時間が 1msec の場合、オーディオグラムの型にかかわらず ABR の周波数別の閾値はいわば低音障害型を示した。また立ち上がり時間を 4msec にしても 500Hz の ABR 閾値は言うまでもなく 1000Hz でも最下段の 2 図から明らかなように意味をもつものではない。自覚閾値と関連があるといわれる 2000Hz, 4000Hz においても、自覚閾値との差は聴力の程度によって大きく変動する。つまり刺激音の立ち上がり時間を延長させることによって周波数特異性を亢進せしめても²¹⁾、ABR の反応の低下が著しくなり、結局オーディオグラムとの相関を得ることは困難となる。よって、tone pip と同様実用には適さないと判断された。

2) クリック刺激による聴力推定の意義

1) に述べたように tone pip, tone burst のいずれもが周波数別の聴力推定に対しては意義をもたない以上、発想を根本的に変える必要がある。そこで反応が出現しやすく、また言語聴取に重要な周波数成分を均等に含むクリックを用いて、これに対する反応と聴覚閾値との関係を追求することにした。ただし 3kHz サイン波がこのようなスペクトル分布を示したからといって、この周波数帯域を均等に刺激するとは考えにくい。むしろ比較的高音域の限られた範囲の周波数を刺激していることが実験結果から推定された。したがって、この範囲の周波数の聴力との比較が最も高い相関を得るものと思われるが、今回の研究の目的は、“できるだけ会話域に近い聴力の推定を行う” ことであるため、1kHz, 2kHz, 4kHz の平均聴力と ABR の V 波の潜時・閾値を比較した。また評価のパラメータに従来からの閾値のみでなく V 波の潜時を加えた。これは後迷路難聴の鑑別上からも必要であると考えたためである。その結果については、III の 3) に述べたごとくで、

筆者は一応大まかな聴力の推定は可能であると結論した。

クリックを用いる利点は、反応の出現性がすこぶる良好で、平均聴力が 60-70dB の高度難聴でも閾値がとれることである。これに対し周波数特異性刺激では、反応が極端に悪くなり、高度難聴では実用に即さない。周波数選択性に関して確実な定量検査が不可能な現状では、クリック刺激による大まかな聴力推定はむしろ妥当な方法ではなかろうか。さらにもし、この方法で聴力の推定幅の精度を幾分でも良好にしようとするなら、推定周波数を更に高音域の狭い範囲(例えば 2kHz~4kHz)に限定して行うのも一法と思われる。これは筆者の最初の意図に反することになるが、場合によってはむしろこの方が臨牀的には有意義になるかもしれない。これは今後の検討課題である。

潜時について言えば、内耳性難聴耳の V 波潜時は SPL で比較する限り正常者より短縮しており、また刺激の大きさによる変化もきわめて小さかった。これは難聴者には一般に大きな音圧を用いるため、ABR が刺激音の立ち上がり角度に大きく影響されることを示唆するものであり、またいわゆるリクルートメント現象とも関連のある現象とも考えられる。ともあれ、変動幅の小さい短縮した潜時は内耳性難聴を示唆するものであり、また ABR 閾値と潜時の両者から内耳性難聴の程度の大きな推定は可能であると結論された。

ところで、このような他覚的聴力検査が実際に最も必要とされる対象は、新生児・乳幼児であろう。筆者が提示した新生児・乳幼児用の補正を加味すれば ABR は従来から行われている BOA, COR,あるいは play audiometry に加えて、有効な補助診断法になりうるものと思われる。特に新生児・乳児のあるものについては、BOA, COR が不可能なことがある。この場合には実行可能な唯一の検査法であるとの発表もあるが²²⁾²³⁾、この優劣についてははたかもく生後早期から聴力の推定がある程度可能となれば、難聴児に対する言語治療や対策に寄与することは確実である。その意味で、ここに述べた本検査の役割は大きい。ただし、繰り返し述べてきたように、どの刺激を用いるにしろ ABR による聴力検査の限界をふまえた上で、必ず他の職力検査を併用して診断すべきであることを強調したい。

V ま と め

ABR 検査は tone burst, tone pip によっても周波数

選択性の少ない検査である。そこで 3kHz Sine 波 1 波刺激による ABR の V 波の潜時と閾値から、純音聴力の推定の可能性について追求を試みた。対象を臨床上多くみられる内耳性難聴、そして新生児・乳幼児の群に大別して、その各々について聴力の推定の可能性について検討した。また、周波数特異刺激とされている tone pip, tone burst を用いた検査成績とも比較して、両者の優劣についても検討し、次の結論を得た。

1) 内耳性難聴については、クリック刺激による ABR は、比較的高音域の限られた周波数を反映するが、1kHz~4kHz の平均聴力と、V 波の潜時・閾値との間にある程度の相関が認められた。そして両者を指標とすることによって、聴力の大まかな推定を行うことは可能であると考えられた。

2) 新生児・乳幼児については、生後の神経発達を考慮した上での評価が必要である。筆者はこれを 1 歳未満と 1 歳以上 4 歳未満に大別して検討し、補正值を作製した。

3) いわゆる周波数特異刺激による ABR は、反応の出現性が悪く、しかもオージオグラムと対応した反応を得るとは限らないことが明らかとなった。したがってむしろクリック刺激により、おおよその聴力を推定することの方がより現実的であり、本検査は難聴のスクリーニング検査を目的とした利用が妥当であると結論した。

参 考 文 献

- 1) Jewett DL: Human auditory evoked Potentials: Possible brain stem components detected on the scalp. Science 167: 1517-1518, 1970.
- 2) Sohmer H et al: Cochlear and cortical audiometry. Conveniently recorded in the same subjects. Israael J med Sci 6: 219-223, 1970.
- 3) 小寺一興 他: 聴性脳幹反応による会話域聴覚域値の測定. 耳鼻臨床 70: 207-214, 1977.
- 4) 小寺一興 他: Tone Burst で誘発されるヒトの聴性脳幹反応. Audiology Japan 20: 151-157, 1977.
- 5) 小寺一興: 聴性脳幹反応による幼小児の他覚的聴力検査. 日耳鼻 84: 139-145, 1981.
- 6) 山根 仁 他: Tone pip による聴性脳幹反応の周波数選択性. Audiology Japan 20: 143-150, 1977.
- 7) 和田広巳 他: 周波数特異刺激 (tone pip) による ABR 他覚的聴力検査. Audiology Japan 26: 216-222, 1983.
- 8) 鈴木篤郎 他: 聴性脳幹反応の潜時と刺激音立ち上がり時間との関係. Audiology Japan 21: 341-342, 1978.

- 9) 鈴木篤郎 他：聴性脳幹反応の潜時に及ぼす刺激音立ち上がり時間の影響。Audiology Japan 22: 469-501, 1979.
 - 10) Cobb J et al: Effects of signal rise time and frequency on the brainstem auditory evoked response. J Speech Hear Res 21: 408-416, 1975.
 - 11) 大西信治郎 他：Rise time, Duration の BSR への影響。日耳鼻 78: 1038-1039, 1975.
 - 12) Hecox K et al: Brainstem auditory evoked responses in man. I. Effect of stimulus rise-fall time and duration. J Acoust Soc Am 60: 1187-1192, 1976.
 - 13) Debruyne F et al: On effect in Brainstem electric response audiometry, Consequences for the use of tone bursts. ORL 44: 36-42, 1982.
 - 14) Galambos R et al: A 40-Hz auditory potential recorded from the human scalp. Proc Natl Acad Sci USA 78: 2643-2647, 1981.
 - 15) Davis H: A slow brainstem response for low-frequency audiometry. Audiology 18: 445-461, 1979.
 - 16) Hawes MD: Slow brain stem response (SN_{10}) to tone pips in normally hearing newborns and adults. Audiology 20: 113-122, 1981.
 - 17) 鈴木篤郎 他：聴性脳幹反応の波形に関する一考察。Audiology Japan 19: 159-162, 1976.
 - 18) 船井洋光 他：ABR 陽性緩徐波の特性と起源に関する実験的研究。Audiology Japan 27: 85-91, 1984.
 - 19) 大西信治郎：EAR の検査音。第13回 ERA 研究会資料。1983.
 - 20) 加我君孝 他：乳幼児の発達と聴性脳幹反応の変化。脳と発達10: 284-290, 1980.
 - 21) 福村晃夫：短音について。Audiology Japan 24: 31-38, 1981.
 - 22) 芦川英通 他：聴性脳幹反応による新生児・乳児の他覚的聴力検査。耳鼻臨床75: 1479-1485, 1982.
 - 23) 沖津卓二 他：幼小児における ABR 域値と幼児聴力域値との関係。Audiology Japan 27: 284-291, 1984.
-
- 稿を終えるにあたり、御指導、御校閲をたまわった東京医科大学耳鼻咽喉科学教室船坂宗太郎教授に深甚な謝意を表す。また、適切な御助言をいただいた同教室伊藤真郎講師ならびに本研究の遂行に協力いただいた教室員各位に感謝する。
- 本研究の一部は、第11回日本臨床耳科学会、第85回日本耳鼻咽喉科学会総会において発表した。
-

(原稿受付 昭和61. 3.13日)

別刷請求先 〒253 茅ヶ崎市平和町13-7 高瀬二郎