難聴児早期発見のためのスクリーニング検査の検討

加藤 寛・九鬼佐代子・田端 敏秀

Screening for Early Detection of Hearing-impaired Children

Yutaka Katoh, Sayoko Kuki and Toshihide Tabata

(Wakayama Medical College)

The historical aspect of the progress of screening test for detection of hearing impairment during the fetal stage, neonatal stage, infantile stage and early childhood (2~4 years of age) is reviewed.

The method using intra-uterine sound introduced here is quite useful for detection of hearing loss in the neonate stage. In addition, the role of auditory brainstem response in early detection of hearing-impaired children was described in detail.

Conclusively, an infant hearing screening program was proposed for the public health centers, that is an intra-uterine sound method, auditory eye opening response at falling into sleep using a tongue-clicking sound, a developmental test of auditory function and identification of risk factors associated with hearing loss.

Key words: hearing-impaired children, early detection, intra-uterine sound, screening tests

緒 言

近年情報化社会のめざましい発達とともに難聴児の早期発見, 診断ならびにハビリテーションの重要性が広く一般社会にも認識され, 耳鼻咽喉科医や教育関係者にたいしてこの分野の充実が望まれるようになってきた. このような社会的要請に応えるべく耳鼻咽喉科領域においても以前より先輩諸氏が難聴児早期発見のため各種スクリーニング検査の開発に努めより簡便で信頼性の高い聴力検査法の成立を目標に努力してきた. しかしこの分野におけるスクリーニング検査の体系は未だ整ってはいず診断学も確立されている状態とは言えない.

今回我々は難聴児スクリーニング検査法の発

達の歴史を振り返り, 現在一般的に使用されている幼児聴力検査法につき我々の方法成績をふまえ概説するとともに今後のあるべきシステム化の姿についても考えてみることにした.

I. 時期別によるスクリーニング検査の種類

(1) 胎児期

中耳や内耳は胎生5ヵ月には成人と同じ大きさにまで発達して蝸牛機能も活動し始めている¹⁾²⁾ ことより, 音刺激に対する胎動の自覚³⁾⁴⁾ や, 胎動の記録⁵⁾, 胎児心拍数の変化の記録¹⁾⁶⁾⁷⁾, 誘発反応の記録⁸⁾⁹⁾ などの報告がある¹⁰⁾. しかしこの時期の難聴児スクリーニング検査の試みについては今まで報告はなく, 将来実現する可能性は少ないと思える.

(2) 新生児期

この時期においては、音源を用いて聴性行動反応 (BOA) を観察することにより被験児の聴力の有無を判断する、つまり音刺激によって誘発される Moro 反射、眼瞼反射、覚醒反射、瞬目反射などの皮質下で統合された無条件反射により難聴を診断する¹¹⁾ 方法がとられている。これらの方法では 70dB 以上の音刺激を呈示するのが常である。

この時期のスクリーニング検査の試みは Ewing¹²⁾ (1944) に始まり, Hardy¹³⁾¹⁴⁾ (1959, 1962), Fröding (1960) の報告¹⁵⁾ を経て有名な Downs¹⁶⁾¹⁷⁾ (1964, 1967) の歴史的発表へと進んでくる。Downs¹⁷⁾ (1967) は主として 3000 Hz を中心とした白色雑音発生装置と, 3000 Hz の純音を中心周波数とした warble tone を使用して分娩入院期間中の新生児全員に組織的なスクリーニング法を施行することを提唱した。この一定の音源を用いた方法は今日のスクリーニング検査の基礎となっている。その後 Goldstein¹⁸⁾ (1971) や Shapiro¹⁹⁾ (1974) がこの方法を追試し, またわが国においてもこの Downs 法の原理に則って高島ら²⁰⁾ (1968), 高木ら²¹⁾ (1970), や田口¹⁰⁾ (1972) がスクリーニング検査を実施してきた。しかしその後この方法はスクリーニング検査としては著明な発展を見せてはいない。その理由につき鈴木ら²²⁾ (1979) は①進行性難聴や軽度および中等度難聴が選別されない。②観察される反応は皮質下で統合された反射であるため、聴覚系の大脳皮質レベルが正常であるかどうかはこの検査では分からない。③各検者による検査の判定が必ずしも一致しない。④先天性難聴の出現頻度はきわめて低く、生産性が低いいため検査のモチベーションを持続しがたい。などによると述べている。

以来この時期のスクリーニング検査については分娩入院期間中を利用して、すべての新生児をチェックする皆悉検査がよいが、リスク児中心法で進むほうがよいが、様々な視点から検討されてきた。この両者における欠点を以下に

述べてみる。皆悉検査においては先天性難聴児の出現頻度は1万児につき数名¹⁵⁾ と非常に少ないため検出率が低くモチベーションの持続が困難である事や、経済性に問題があることである。またリスク児のみを対象とした場合にはリスクを持っていない児、つまり原因不明の難聴児を取りこぼす可能性がある。これらのことを考慮に入れたうえで現在の世界的動向はなおリスク児中心検査をしているのが現況である。

この場合のリスク児とは次ぎに列挙するものである。

- ① 家族歴に遺伝性難聴のあるもの。
- ② 風疹ないし非細菌性の子宮内胎児感染例。
- ③ 耳鼻咽喉科領域に奇形のあるもの。
- ④ 生下時体重 1500 g 以下のもの。
- ⑤ 血清ビリルビン値 20 mg/dl 以上のもの。

また1974年の Nova Scotia (カナダ) の Halifax で開かれた難聴児早期発見に関する国際会議でも上記の “five-point high risk register” を中心にスクリーニングを進めるべきことを勧告している²²⁾。

しかしリスク児中心法はあくまでも満足されるべき皆悉検査法が確立されるまでの暫定的なものであり、皆悉検査が能率的に簡便により経済的に実施できるよう研究が進められねばならない。このような意図のもとに我々は「泣いている新生児に胎内音を聴かせると泣き止む。」という反応に注目しスクリーニング検査に使えないか研究してきた。この検査は胎内音発生装置を内臓した人形“ねんころりん”を用い図1のごとく実施する。この音源は1/3オクターブバンド 400 Hz~4 kHz に主な周波数領域を持つ warble tone である (図2)。反応陽性の場合には (図3) のごとく泣いている児 (A) が劇的に泣き止み alert inactivity になり (B) 非常に分かり易い。これを152児に実施した結果、新生児期に2名の高度難聴児を検出し、またこの検査が ABR の結果ともよく一致しているとの結論をえた²³⁾。表1は胎内音反応陽性児の音圧レベルを示す。表2には被験児の 90 dB SPL

における反応の時期別割合を示したがこのように生後1カ月まで典型的な反応を呈する。これよりこの胎内音を使つての検査は生後1カ月以

表1 胎内音反応陽性と音圧レベル

音圧レベル	約80dB	約90dB	90dB以上
人数 (%)	30 (20%)	103 (70%)	15 (10%)

表2 胎内音 (90 dB SPL) に対し alert inactivity になる被験児の時期別割合

	生後 1週間以内	1ヶ月	2ヶ月	3ヶ月
人数	15/15	15/15	6/15	0/15
%	100	100	40	0

図1 胎内音発生装置“ねんころりん”を用いての検査

内に実施されることが望ましい²⁴⁾。このテストは聴力検査に無縁の素人にも簡単に施行でき、反応の有無の判定が非常に容易なため、分娩入院期間中に出産児全員になされることが可能である。またこれを他の検査（舌打ち音、フォイスル音、紙もみ音に対する反応）と比較して

図3 A：啼泣時，B：胎内音に反応し泣き止んだところ

図2 胎内音の周波数分布

保健婦が新生児初回訪問時に実施したところ検査者が反応不明とする割合が有意に少なく(図4)²⁵⁾ 今後各産科施設への啓蒙活動を広めれば皆悉スクリーニング検査となり得るとの確信を持っている. なおこの反応においてはその潜時(12±7.4秒)から推定して大脳皮質レベルまでの関与も考えられ興味深く思っている. しかしこの検査は高度難聴児の検出にのみ適応があるという点, また進行性難聴児も漏れてしまう可能性があるという点には注意しなければならない.

皆悉検査への可能性を高めるための別の観点に立てば検査が能率化されるということも大切な事である. そのような発想から生まれた方法として Simmons²⁶⁾ (1974) の Crib-O-Gram,

Altman ら²⁷⁾ (1975) の半他覚的新生児スクリーニング法や田中ら²⁸⁾ (1983) の半自動的検査装置(neonatal audiometer: RION K. K., FD-02)が開発されてきた. Crib-O-Gram はわが国でも販売されており, 山本²⁹⁾³⁰⁾ (1981, 1985) はその使用経験から1,510人中6人の難聴児を早期に検出することに成功しているが, 検査に要した時間は1人当たり45分から5時間45分の間と当初の予想よりも時間を要し, 皆悉検査としてよりもむしろリスク児を対象にこの装置を使用すれば目的を達成できるであろうとの結論を導き出している. Altman ら²⁷⁾ (1975) の方法の評価についてはあまり検討されていないので言及できない. neonatal audiometer の評価に関しては未知数であるが皆悉検査への道を開く

図4 各検査に対する訪問時期(生後日数)別の反応

可能性が高い検査法として期待されている。この装置を用いた検査結果の今後の発表が待たれる。

他にこの時期にも実施できる検査として最も信頼性が高く客観的判断の可能な聴性脳幹反応検査がある。これは検査される周波数領域が狭く装置の経済性や検査に必要な時間が掛かりすぎる等のことよりスクリーニング検査には不向きである。しかしこの検査が難聴児の早期発見に貢献した役割は図り知れない。幼児聴力検査を論じる上でこの検査を無視して通るわけに行かず別に主題を掲げて詳述する。

(3) 乳幼児期

この時期の難聴児検出法としては鈴木ら³¹⁾ (1980) の舌打ち音による入眠時開眼反応法、田中ら³²⁾ (1978) の聴覚発達チェックリスト法、Junker ら³³⁾ (1978) の BOEL test によるもの、Teddy-bear screening audiometry、玩具やセロファン紙を用いる方法などがある²²⁾。

鈴木ら³¹⁾ (1980) の方法は舌尖と歯茎によって発せられる舌打ち音 (約 50 dB SPL) を入眠時に与え開眼反応の有無をみるものである。この反応はすべての年代に実施可能であるとのことであるが、その音圧を考慮すれば乳幼児期から以後の検査に適していると思える。この検査の長所は器具が不要なこと、その指導の仕方次第で母親も行えるということ、また中等度難聴児もスクリーニングできることである。

聴覚発達チェックリストは 0 カ月児から 15 カ月児までの間の各時期に正常児にみられる特徴的な聴性行動を 45 項目にリストアップしてある。これを母親に渡し各家庭で、その時期ごとにチェックしてもらうのが田中ら³²⁾ (1978) の方法である。

BOEL test は 7～9 カ月児を対象としており木製の把持棒、銀製スピナ、指輪つき鈴 4 個を使って視覚的、触覚的、聴覚的注意力を調べるものでコミュニケーション障害を多面的に捕えることができる³⁴⁾²²⁾。

Teddy-bear screening audiometry は 500,

1000, 4000 Hz に中心周波数を持つ warble tone を刺激音とし音圧はそれぞれ 40, 60, 80 dB で検査ができるようになっている。宮崎ら³⁵⁾ (1969) によれば静かな部屋で実施すれば生後 7 カ月以降では 60 dB (SPL) で 90% 以上の児に反応がみられるようになるとのことである。この方法の原理は条件詮索反応聴力検査 (COR)³⁶⁾ や聴性行動反応検査と同じものである。玩具やセロファン紙を活用しての方法では用具は安価で入手が容易であり、そのうえどこでも使用できるという手軽さがあるがその検査音の周波数帯域を知っていなければならない。また音源が広い周波数を含んでいることが多く狭帯域の難聴児を見逃す可能性が高いことを十分に理解しておかなければならない。

(4) 2～4 歳児

この年齢になると急性中耳炎の発症が多く、それに伴って滲出性中耳炎も問題となってくる。この時期からはインピーダンスオージオメトリの値も信頼できるようになるのでこの検査が有効となってくる。しかし古賀³⁷⁾ (1983) はきこえのスクリーニング検査はこの年齢では最も難しいと述べている。その理由は 2 歳以上では聴力検査は自発的応答または音に対する反応的行動によって検査されるが、2・3 歳ではそのような検査をスクリーニングとして扱うには困難を伴うからであるとしている。

この時期の検査として知られているのは単語による選別検査である。方法は単語を用い、絵カードを見せて、単語に相当するカードを指示させるというものであり、野中ら³⁸⁾ (1982) や長谷川ら³⁹⁾ (1976) がこの様式を踏襲した聴力検査を試みた結果を報告している。

しかし難聴児の早期発見、早期診断の理念からすればこの時期ではすでに遅く、もはやこの時期の難聴児は言語発達の遅滞を来たしてしまっているという現実が存在する為に新生児期や乳幼児期にはスクリーニング検査の研究発表がなされていない。

II. 聴性脳幹反応による幼児聴力検査

(1) 発達による波形の変化

聴性脳幹反応 (ABR) の波形の成熟は生後日数よりも conceptional age に関係するといわれる⁴⁰⁾.

Galambos ら⁴¹⁾ (1978), Hecox ら⁴²⁾ (1982) は未熟児で検査をした結果, 在胎週数26~28週で成人域値より約 70 dB 大きい音で ABR が観察されたと述べている. Starr ら⁴³⁾ (1977) は conceptional age 24~28週の未熟児4人のうち3人で75 dB クリックに対する反応が得られたと報告した. 聴器の完成は胎生6カ月頃とされており, ABR の出現もほぼ同時期と思われる. 反応域値は次第に下降し, Lary ら⁴⁴⁾ (1985) の報告によれば, 在胎週数28~34週的新生児では40 dB, 35~38週では30 dB, 正期産のものでは20 dB 以内に反応がみられたという. 正常新生児の反応域値についてはその他に Kaga ら⁴⁵⁾ (1980) は32 dB, Mokotoff ら⁴⁶⁾ (1977) は10 dB, Morgan ら⁴⁷⁾ (1987) は35 dBで99%, 25

dBで84%に反応が認められたと報告した. 成人よりは域値はやや高いようである.

未熟児では各波ピークの分離もはっきりしておらず (図5), 潜時も著明に延長しているが, 成長につれて波も分化し潜時短縮が起こって来る^{47)~51)}. 潜時の短縮は生後1.5~2歳頃まで続くといわれている. 出生後波形の変化は生後2週までが最も大きく, I波の潜時は生後3カ月までに成人に近付き, 3~6カ月にはI-III波間潜時が短縮し, その後はIII-V波間潜時が短縮していく⁴⁹⁾. 1.5~2歳になり成人の波形に近付いてくる. 潜時の短縮は潜時の短い波より起こっており, 聴覚伝導路の成熟は, caudal-rostral に進むと考えられる.

(2) ABR による聴力の推定

図6に難聴児の ABR を示す. 本例は胎内音による検査で難聴が発見された例である.

現在 ABR の刺激音として最も広く用いられているのはクリックである. クリックは音の立ち上がりが急峻であり反応が誘発され易いとい

図5 成人 (a) 新生児 (b) の ABR

う利点がある。電氣的矩形波を用いる場合とサイン波 I 波を用いる場合があるが、出力側ではどちらも周波数選択性の少ない音となる。

従来、クリックによる ABR 域値は純音の 2～4 kHz の聴力を反映しているといわれている。高瀬⁵²⁾ (1987) は ABR の V 域値と 1, 2, 4 kHz の純音平均聴力を比較し、高音急墜型、水平～高音漸傾型において両者が相関していることを示した。また、船井⁵³⁾ (1986) は種々の聴力型の内耳性難聴患者で ABR 域値が 1～8 kHz のうち最も感受性の高い周波数の純音域値を反映すると述べた。

このようにクリックを用いた ABR は比較的高音域の聴力と相関するので低音障害型難聴の場合に ABR 域値が低く出やすいし、低音域に残聴がある場合でもそれが検出されにくいという問題が出てくる。そのため、より高い周波数選択性が期待できる tone pip, tone burst も刺激音として用いられることが多くなってきている。tone pip を用いた ABR の波形はクリックによるものと比べ、各ピークが明らかではなく、

ゆるやかな陽性変動を指標とするものである。その反応の潜時は周波数が低いほど遅く、また刺激音強度の減少にともなう潜時の延長も周波数が低いほど大きいという⁵⁴⁾。各周波数の潜時は、それぞれの刺激音が蝸牛基板上の蝸牛小分画まで到達するまでの時間に相当すると考えられる⁵⁵⁾。

Suzuki ら⁵⁶⁾ (1977) は 500～4000 Hz で反応域値は大部分が 10～20 dB SL だったと報告した。また小寺⁵⁴⁾ (1977) は正常成人で 500, 1000, 2000 Hz tone pip で ABR 域値は 10～20 dB SL であり、高音障害型、低音障害型難聴例でも ABR 域値と純音域値が相関したと述べた。加えて幼少児において ABR 域値と COR または遊戯聴力検査域値とも相関を認めた⁵⁷⁾。大西⁵⁸⁾ (1983) も同様の結果を発表している。しかし tone pip による ABR ですべて良好な周波数選択性がえられるかというと、そういう報告ばかりではなく、Hayes ら⁵⁹⁾ (1982) は高音障害例では 500 Hz で純音域値よりも高くなりやすいといわれ、また堀内⁶⁰⁾ (1988) も聴力図

図6 難聴児の ABR
左より生後11日, 2カ月, 4カ月, 6カ月

で急峻なスロープの周波数部位では tone pip ABR が刺激音周波数周辺のより域値の低い部位を反映すると述べている。また高瀬⁵²⁾ (1987) は 500~4000 Hz の tone pip による ABR 域値と純音域値に相関を認めなかった。一般には tone pip による ABR は、ある程度周波数別の聴覚機能を調べるのに有用であるという報告が多い。

その他、high pass masking を用いた derived response による方法⁶¹⁾ や notched noise による方法⁶²⁾ があるが、時間がかかる、など一般への普及は難しいと考えられる。

近年、クリックを刺激音とした ABR でも、潜時が約 3 msec の陰性波が低音域の残聴の指標になるのではないかといわれてきた。真鍋⁶³⁾ (1982) は高度難聴児の ABR の判定に V 波の他に潜時 3 msec の陰性波も用いた。白石⁶⁴⁾ (1988) は高度難聴者の ABR の 7.9% に潜時 3 msec 陰性波を認め、成人例にも認められたが幼少児が圧倒的に多く、また 500 Hz に残聴のある例が殆どであったと報告した。田内⁶⁵⁾ (1988) もこの波が認められた例で低音残聴型のオーディオグラムがみられたと報告した。この潜時 3 msec 陰性波の存在は低音域に残聴のあることを示しているようではあるが、低音残聴型でもこの波がみられない者もあり、さらに検討を要すると考えられる。

(3) 問題点について

ABR による乳幼児の聴力検査の有用性については多くの報告や現在広く普及しているという事実が証明するところである。しかし、ABR の結果と臨床経過が異なる例も時にみられる。

Duara ら⁶⁶⁾ (1986) はリスクファクターを持った新生児に ABR を行い、異常所見を示した例で follow up を行ったところ、難聴が存続したのは 27 例中 4 例のみで、23 例は後日の聴力検査で聴力正常と判定されたと報告した。また、沖津⁶⁷⁾ (1988) は ABR で無反応の例でも、遊聴聴力検査を行うと、高度難聴は 87.5% で残

りの 12.5% は中等度難聴だったと報告した。このことは、ABR と共に他の検査も総合して慎重に判断していかなければならないといえる。

一方、他に障害を持つ子供で ABR が異常にでる場合もある。精神発達遅滞児の ABR について Sohmer ら⁶⁸⁾ (1978) は V 波の欠損や潜時の延長があったと報告、加我⁶⁹⁾ (1982) も波形の異常な例はなかったものの約 41% に潜時延長がみられたと報告した。一方、横山⁷⁰⁾ (1976) は波形、域値などに異常は認めなかったとしている。

横地⁷¹⁾ (1983) は ABR 域値が 85 dB 以上の発達障害児（脳性麻痺など）で聴性行動反応域値を調べ、正常児域値との差が 20 dB 以内は 6%、21~60 dB が 40%、61 dB 以上の者は 54% であり、ABR の V 波域値よりも低い傾向にあったと報告した。このように中枢神経系に異常のある幼児では ABR が異常にでやすく、注意が必要である。

Ⅲ. スクリーニング検査のシステム化

以上、それぞれの時期別にどのようなスクリーニング検査が実施されてきたか歴史的に概観してきた。これらより判断して今まで多くの研究者がそれぞれの時期に各々異なった方法を考案し、かなりの成果を上げてきているものの現状ではこの方法が万能であるといえるものが見つかっていない。またスクリーニングの対象としている人間の聴力自体その時々、生体の状態次第で変化してゆくものであるため小児の発達過程の一時期にのみスクリーニング検査を実施して事足りるというわけにはいかない。このような問題点から考えて難聴児早期発見診断のためには、新生児期から 2 歳頃まで各時期に適したスクリーニングの為にテストバッテリーを選び出しそれらを有機的に実施していくシステム作りに取り組まなければならない。

わが国においては厚生省を頂点とした行政の指導により保健所活動のなかに聴覚スクリーニング検査のテストバッテリーを組み込んでいくことが難聴児の早期発見、専門機関への精密検

査の早期依頼、ハビリテーションの早期開始への最も近道と思える。事実、この保健所の乳幼児検診が制度的に行われていることを利用して横山ら⁷²⁾ (1985) は infant hearing screening program (以下 IHSP) を大阪市内の4保健所管内で6年間に渡って実施し22,443名中65名の要精検者を選別し10名の聴力障害児を検出している。この際 IHSP として使用した検査はリスク調査、田中の聴覚発達チェックリストによる検査³²⁾、聴性行動反応検査 (ewing 法) であった。この報告で最も注目に値するのは後日の調査で高度聴力障害児を一例も取りこぼしていなかったということである。

我々はこのような保健所の健診システムを利用した IHSP をもっと母親や家族の協力を得てできないか考えてみた。基本的にはスクリーニングの対象である新生児と最も接する時間の長い母親の難聴に対する関心を高めることが最も大切であるという理念に立たなければならないと考える。そこでまず耳鼻咽喉科医は妊婦が受講する母親教室の段階から難聴に関する正しい知識の普及に関与し始めなければならない。母子手帳には田中・新藤の聴覚発達チェックリスト³³⁾ が印刷されており、この教室でその内容について教育を受けた母親が自分の子供の発育時期に応じた聴覚の発達項目をチェックできるようにしておく。

そのような準備段階を経て生後のスクリーニングへと入って行く。まず第一段階としてすべての新生児は出生後一週間以内に母親もしくは産婦人科のナースによって胎内音によるスクリーニング検査を受けその反応の有無は必ず母子手帳に記入される。保健婦活動の一部としての新生児初回家訪問時もしくは一カ月健診時に難聴リスクファクター調査を実施してもらうと共に母親や家族に舌打ち音による検査の方法を教え、この結果も母子手帳に記入させる。以上のことが徹底できれば三カ月健診や六カ月健診の時に今までのことをチェックでき保健所活動の一環として要精密検査児をスクリーニング

できると思える。上記のシステムによれば多分精密検査の必要となる対象児を取り込み過ぎる現象が起こるであろう。しかし取りこぼしが起こることは多少経済的に問題となろうとも避けなければならない。もしこの時期に専門機関での精密検査に持って行けるとすれば難聴児の早期診断につながりハビリテーションを開始する時期も手遅れにはならないと思える。

今後このような難聴時スクリーニングシステムをまず和歌山県下に成立させるべく行政にも働き掛け、保健所、産婦人科、小児科も含めて広く啓蒙活動を行っていかなければならないと考えている。

参考文献

- 1) Murphy KP and Smyth CN : Response of fetus to auditory stimulation. *Lancet* 1 : 972~973, 1962.
- 2) Elliot GB and Elliot KA : Some pathological, radiological, and clinical implication of the precocious development of the human ear. *Laryngoscope* 74 : 1160~1171, 1964.
- 3) Peiper A : Sinnesempfindungen des Kindes vor seiner Geburt. *Mtschr Kinderheilk* 29 : 236~241, 1924.
- 4) Forbes HS and Forbes HB : Fetal sense reaction. *J Comp Psychol* 7 : 353~356, 1927.
- 5) Sontag LW and Wallace RF : The movement response of the human fetus to sound stimuli. *Child Developm* 6 : 253~258, 1935.
- 6) Johansson B, Wedenberg E and Westin B : Measurement of tone response by the human foetus; a preliminary report. *Acta Otolaryng* 57 : 188~192, 1964.
- 7) 荒山 喬 : 音刺激に対する胎児の反応. *日耳鼻* 73 : 1885~1907, 1970.
- 8) Barden TP, Peltzman P and Graham JT : Human fetal electroencephalographic response to intrauterine acoustic signals. *Am J Obst and Gynec* 100 : 1128~1134, 1968.
- 9) Sakabe N, Arayama T and Suzuki T : Human fetal evoked response to acoustic stimulation. *Acta Otolaryng Suppl* 252 : 29~36, 1969.
- 10) 田口喜一郎 : 新生児聴覚スクリーニング. *日耳*

- 鼻 75 : 924~936, 1972.
- 11) 田中美郷 : 新生児聴力検査. 日耳鼻 補冊 5 : 63~67, 1969.
 - 12) Ewing IR and Ewing AW : The ascertainment of deafness in infancy and early children. J Laryng and Otol 59 : 309~333, 1944.
 - 13) Hardy JB, Dougherty A and Hardy WG : Hearing responses and audiologic screening in infant. J Pediatrics 55 : 382~390, 1959.
 - 14) Hardy WG, Hardy JB, Brinker CH, et al : Auditory screening of infants. An Otol 71 : 759~766, 1962.
 - 15) Fröding CA : Acoustic investigation of newborn infant. Acta Otolaryngol 52 : 31~40, 1960.
 - 16) Downs MP and Sterritt GM : Identification audiometry for neonates; a preliminary report. J Aud Res 4 : 69~80, 1964.
 - 17) Downs MP and Sterritt GM : A guide to newborn and infant hearing screening program. Arch Otolaryngol 85 : 15~22, 1967.
 - 18) Goldstein R and Tait C : Critique of neonatal hearing evaluation. J Speech and Hearing Dis 36 : 3~18, 1971.
 - 19) Shapiro I : Newborn hearing screening in a country hospital. J Speech and Hearing Dis 39 : 89~92, 1974.
 - 20) 高島敬忠, 有泉基水, 川真田裕, 他 : Infant Audiometer 使用による新生児聴力検査に関する研究. 日本新生児学会誌 4 : 66~71, 1968.
 - 21) 高木二郎, 伊藤治夫, 岡田智子 : Neo-Meter による乳児聴力スクリーニングテスト. 耳候 42 : 429~434, 1970.
 - 22) 鈴木篤郎, 田中美郷 : 幼児難聴. 103~105頁, 医歯薬出版, 東京 1979.
 - 23) 加藤 寛, 田中佐代子, 田端敏秀 : 胎内音に対する新生児の聴覚反応. 耳鼻臨床 77 : 1367~1373, 1984.
 - 24) 加藤 寛, 田中佐代子, 田端敏秀 : 胎内音に対する新生児聴覚反応の経時的変化. Audiol Japan 28 : 744~748, 1985.
 - 25) 加藤 寛, 柏木真弓美, 九鬼佐代子, 他 : 和歌山県御坊保健所管内における高度難聴児スクリーニングの試み. 昭和60年度厚生省心身障害研究「聴覚言語障害児の療育に関する研究」ワークショップ報告書, 19~23頁, 1986.
 - 26) Simmons FB and Russ FN : Automated newborn hearing screening, the crib-o-gram. Arch Otolaryngol 100 : 1~7, 1974.
 - 27) Altman MM, Shenhav R and Schaudinischky L : Semi-objective method for auditory mass screening of neonates. Acta Otolaryngol 79 : 46~50, 1975.
 - 28) 田中美郷, 阿波野安幸, 坂本正二 : Neonatal Audiometer による新生児の聴性反応の観察. Audiol Japan 26 : 4; 279~280, 1983.
 - 29) 山本賢之, 浅野公子, 小倉修二, 他 : Crib-O-Gram のスコアに影響を及ぼす要因について. Audiology Japan 24 : 271~272, 1981.
 - 30) 山本賢之 : Crib-O-Gram による新生児の聴力スクリーニング. 日耳鼻 88 : 1132~1140, 1985.
 - 31) 鈴木重忠, 能登谷晶子 : 入眠時聴性開眼反応. Audiol Japan 23 : 26~33, 1980.
 - 32) 田中美郷, 小林はるよ, 新藤美津子, 他 : 乳児の聴覚発達検査とその臨床および難聴児早期スクリーニングへの応用. Audiol Japan 21 : 52~73, 1978.
 - 33) Junker KS, Barr B, Maliniemi S, et al : BOEL screening; a program for early detection of communicative disorders. Audiology 17 : 51~61, 1978.
 - 34) Barr B, Junker KS and Svård M : Early discovery of hearing impairment; a clinical evaluation of the BOEL test. Audiology 17 : 62~67, 1978.
 - 35) 宮崎 和, 長野 操, 横山不二子 : 乳児聴力の実用的検査法について. Audiol Japan 12 : 229~230, 1969.
 - 36) Suzuki T and Ogiba Y : Conditioned orientation reflex audiometry. Arch Otolaryngol 74 : 192~198, 1961.
 - 37) 古賀慶次郎 : 集団を対象とした小児の聴力検査について. 小児医学 16 : 5; 907~928, 1983.
 - 38) 野中信之, 川野通夫, 山本悦生, 他 : ことばのテスト絵本による囁語法聴力検査の意義. Audiology Japan 25 : 525~526, 1982.
 - 39) 長谷川茂, 奈良章子, 大杉純子, 他 : 単語による幼児の選別聴力検査 (第4報). Audiology

- Japan 19 : 567~568, 1976.
- 40) Krumholtz A, et al : Maturation of the brainstem auditory evoked potential in premature infants. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 62 : 124~134, 1985.
- 41) Galambos R and Hecox K : Clinical application of the auditory brainstem response. *Otolaryngol Clin North Am* 11 : 709~722, 1978.
- 42) Hecox K and Burkhard R : Developmental dependencies of the human auditory evoked response. *Ann NY Acad Sci* 388 : 538~556, 1982.
- 43) Starr A, Amlie RN, Martin WH, et al : Developmental of auditory function in newborn infants revealed by auditory brainstem potentials. *Pediatr* 60 : 831~839, 1977.
- 44) Lary S, Briassoulis G, de Vries L, et al : Hearing threshold in preterm and term infants by auditory brainstem response. *J Pediatr* 107 : 593~599, 1985.
- 45) Kaga K and Tanaka Y : Auditory brainstem response and behavioral audiometry; developmental correlates. *Arch Otolaryngol* 106 : 564~566, 1980.
- 46) Mokotoff B, Schulman-Galambos C and Galambos R : Brainstem auditory evoked responses in children. *Arch Otolaryngol* 103 : 38~43, 1977.
- 47) Morgan D, Zimmerman M and Dubno J : Auditory brain stem response characteristics in the full-term newborn infant. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 96 : 142~151, 1987.
- 48) 加我君孝, 田中美郷 : 乳幼児の発達と聴性脳幹反応および聴性行動反応の変化. *脳と発達* 10 : 284~290, 1978.
- 49) 宮嶋佳世子, 石田正人, 野末道彦 : 新生児集中治療室における早産児の ABR. *日耳鼻* 88 : 1666~1671, 1985.
- 50) Zimmerman MC, Morgan DE and Dubno JR : Auditory brain stem evoked response characteristics in developing infants. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 96 : 291~299, 1987.
- 51) Collet L, Morgan A, Soares I, et al : Maturation changes in the intensity latency relation of the brainstem auditory evoked potentials in humans. *Acta Otolaryngol* 105 : 473~476, 1988.
- 52) 高瀬二郎 : 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. *日耳鼻* 90 : 202~210, 1987.
- 53) 船井洋光, 堀内康治 : クリック刺激による ABR と蝸牛機能との関係. *Audiology Japan* 29 : 43~50, 1986.
- 54) 小寺一興, 山根 仁, 山田 修, 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.
- 55) 大西信治郎 : 低周波数の検査. 聴性脳幹反応・その基礎と応用 (船坂宗太郎, 大西信次郎編) 211~216頁, メジカルビュー社, 東京, 1985.
- 56) Suzuki T, Hirai Y, et al : Auditory brain stem responses to pure tone stimuli. *Scand Audiol* 6 : 51~56, 1977.
- 57) 小寺一興 : 聴性脳幹反応による幼少児の他覚的聴力検査. *日耳鼻* 84 : 139~145, 1981.
- 58) 大西信治郎, 他 : 増幅器フィルターの検討と神奈川こども医療センター ABR 症例の行動聴力との比較. *耳鼻* 29 補 2 : 679~692, 1983.
- 59) Hayes D and Jerger J : Auditory brain stem response (ABR) to tone-pips; results in normal and hearing-impaired subjects. *Scand Audiol* 11 : 133~142, 1982.
- 60) 堀内康治, 船井洋光 : トーンピップ刺激による ABR の周波数同調曲線一感音難聴例の検討. *Audiology Japan* 31 : 369~370, 1988.
- 61) Don M, Eggermont JJ, et al : Reconstruction of the audiogram using brainstem responses and high pass noise masking. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 88 Suppl 57 : 1~20, 1979.
- 62) Picton TW, Quellette J, et al : Brainstem evoked potentials to tone pips in notched noise. *J Otolaryngol* 8 : 289~314, 1979.
- 63) 真鍋敏毅, 西沢伸志, 木場興次, 他 : 高度感音難聴児における ABR 検査の信頼性. *Audiology Japan* 25 : 433~434, 1982.
- 64) 白石君男, 曾田豊二, 加藤寿彦 : ABR 記録時に出現する潜時 3 msec の陰性波について. *Audiology Japan* 31 : 123~132, 1988.
- 65) 田内 光, 西澤典子, 米本 清, 他 : 高度難聴の ABR における潜時 3 msec の陰性波につい

- て. *Audiology Japan* **31** : 377~378, 1988.
- 66) Duara S, Suter CM, Bessard KK, et al : Neonatal screening with auditory brainstem responses; results of follow-up audiometry and risk factor evaluation. *J Pediatr* **108** : 276~281, 1986.
- 67) 沖津卓二, 堀富美子 : ABR 無反応症例の追跡結果. *Audiology Japan* **31** : 375~376, 1988.
- 68) Sohmer H and Student M : Auditory nerve and brain stem evoked responses in normal, acoustic minimal brain dysfunction and psychomotor retarded children. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* **44** : 380, 1978.
- 69) 加我牧子 : 精神発達遅滞児の発達と聴性行動反応および聴性脳幹反応の関係について. *日本小児科学会雑誌* **86** : 98~104, 1982.
- 70) 横山俊彦, 小上芳春, 山田篤子, 他 : 主として精神発達遅滞児に対する聴性脳幹反応の臨床的応用. *日耳鼻* **79** : 1323, 1976.
- 71) 横地健治, 北住映二, 榎本省子, 他 : 発達障害児における末梢聴力障害型聴性脳幹反応と聴性行動反応—聴力評価法としての聴性脳幹反応の限界—. *日本小児科学会雑誌* **87** : 1435~1443, 1983.
- 72) 横山俊彦, 橋口久美子, 岸本キクエ, 他 : 保健所健診での聴力障害児早期発見のためのスクリーニング—6年間の retrospective study—. *日本公衛誌* **32** : 12; 707~717, 1985.

(別刷請求先: 加藤 寛
〒640 和歌山市七番丁27
和歌山県立医科大学耳鼻咽喉科学教室)