

学位論文

NICU 入院児の ABR による聴覚スクリーニングの 有用性についての検討

奈良県立医科大学耳鼻咽喉科学教室

晶 史子

Received April 10, 1998

抄録： 1988～1995年の8年間に奈良県立医科大学附属病院 NICU に入院したハイリスク新生児 437 例に ABR による聴覚スクリーニング検査を行い、51 例(11.7%)が少なくとも一側の V 波閾値が 60 dBnHL 以上で ABR 異常を認めた。ABR 異常の重要な因子は①人工呼吸管理 10 日以上、②脳障害、③頭頸部奇形、④ PPHN、⑤妊娠中の非細菌性感染の各因子であった。初回 ABR が正常で、後に難聴と診断された例は 4 例あり、それらの危険因子は 10 日以上的人工呼吸管理(HFO 使用)および PPHN であった。NICU に入院した新生児の聴覚スクリーニング検査は、①から⑤の危険因子を認めるような例には早期に ABR を行い、1 歳前後に全例に COR を行うことが最も効率よく、かつ難聴の見逃しが少ない方法ではないかと考えた。(奈医誌. J. Nara Med. Ass. 49, 208～214, 1998)

Key words : NICU, ABR, 難聴の危険因子, ハイリスク新生児, 聴覚スクリーニング

緒 言

周産期異常が難聴の原因の一つであることは広く知られており¹⁾, このような周産期異常を多く抱え NICU (neonatal intensive care unit) で管理されるハイリスク新生児の難聴の頻度は、一般の難聴の頻度と比べて高率である。一方、ABR (auditory brainstem response) は、出生時から反応が得られる他覚的検査であることから乳幼児の聴力検査に広く応用され、その各波潜時は成熟に伴い短縮することから、聴力検査だけでなく脳幹機能検査としても有用である²⁾。こうしたことから、難聴だけでなく神経学的異常の頻度の高い NICU で管理される乳幼児のすべてに ABR を行うことが勧められ³⁾、現在多くの NICU で ABR が行われている。

筆者は、1988 年から奈良県立医科大学附属病院 NICU に入院した新生児に ABR を行っているが、今回 1988～1995 年の 8 年間に行った 437 例の ABR について検討し、その有用性と問題点についての考察を行なった。

対象及び方法

1988～1995 年の 8 年間に奈良県立医科大学附属病院 NICU に入院した新生児 437 例に ABR を行った。これらの新生児は男児 219 例、女児 218 例、在胎周数 24～41 週(平均 33±14 週)、出生体重 554～4,782 g(平均 1,885±908 g)であった。

ABR の記録は三栄測器 7S12 を用い、トリクロロールシロップ 0.7～1.0 ml/kg を投与して睡眠下で行った。刺激音はヘッドホンを通して 4 kHz の click を刺激間隔 9.5 Hz, 交互位相, 片耳刺激で与え、マスキングは行わなかった。測定フィルターは 6～5 kHz を用い、解析時間は 20 msec で 1,000 回加算した。初回記録は NICU に入院中の全身状態の安定した時期、または退院後の受胎後週数 35 週～96 週(平均 56±9 週)の時期に奈良県立医科大学耳鼻咽喉科外来の防音室で行った。なお、NICU で管理される新生児は早産児が多いため、その年齢を在胎週数に生後週数を加えた受胎後週数であらわした。

中等度以上の難聴を検出するために、ABR 異常の判定は V 波閾値が一側でも 60 dBnHL 以上とし、初回

ABRが異常であった児はその後も耳鼻咽喉科でABR、幼児聴力検査などで再検査した。このような判定基準でABRによる聴覚スクリーニング検査を行った437例について、以下の6項目を検討した。

①受胎後週数とABR I波およびV波潜時：末梢聴神経由来といわれるI波と中枢由来といわれるV波の両潜時の受胎後週数に伴う変化を検討した。

②ABR異常の有無と神経学的予後：津守・稲毛式発達検査でDQ 85以上を神経学的予後良好、85未満を神経学的予後不良とし、初回ABR異常の有無で神経学的予後に差があるかを χ^2 検定で有意差検定した。

③神経学的予後とABR V波潜時の比較：2歳以上まで経過観察でき、かつABRで反応が得られた例で、神経学的予後良好群と不良群の80 dBnHLにおけるV波潜時を受胎後40週、44週および56週の各週数で比較した。

④難聴の危険因子とABR異常率：難聴の危険因子として、人工呼吸管理、人工呼吸管理10日以上、交換輸血または光線療法(高ビリルビン血症)、脳障害、light for date(仁志田の胎児発育曲線で-1.5 SD以下)、出生体重、頭頸部奇形、奇形症候群(染色体異常または代謝異常等)、PPHN(persistent pulmonary hypertension of the newborn)および妊娠中の非細菌感染の各因子を用い、それぞれの危険因子の有無によりABR異常率に差があるかを χ^2 検定で検定した。なお、低出生体重児ではその脳の脆弱性のために重症仮死などの低酸素状態にさらされると頭蓋内出血をおこすことがあり、その後遺症としての水頭症や脳室周囲白質軟化症などの病変を残すことがある。そこで本論文の脳障害とは出生1分後のApgar score 3以下の重症仮死、Papileの分類で3度以上の頭蓋内出血、水頭症および脳室周囲白質軟化症のいずれかを有するものとした。

⑤ABR異常児の聴覚予後およびNICU入院児の難聴の頻度：初回ABRが異常と判定された児の聴覚予後およびNICU入院児のうち最終的に難聴と診断された児の頻度について検討した。

⑥遅発性の難聴例：初回ABRが正常と判定されたにもかかわらず、後に高度難聴と診断された4症例の報告を行った。

結 果

1. 受胎後週数とABR I波およびV波潜時

図1に示すように、受胎後40週に比べ80週では有意にV波潜時が短縮し(t検定)、受胎後週数が進むにつれて80 dBnHLにおけるV波潜時が短縮した。I波の変化

がほとんど見られないのに比べV波潜時の短縮は著しく、その結果I-V波間潜時が短縮した。V波潜時の短縮は受胎後約120週でプラトーに達した(図1)。

2. ABR異常の有無と神経学的予後

2歳以上まで経過観察されている209例のうち、神経学的予後不良は53例で、予後良好は156例であった。初回ABRが無反応であった12例のうち5例は死亡し、生存例7例はいずれも精神・運動発達遅滞を認めており、すべて神経学的予後不良であった。初回ABRが正常であった181例のうち神経学的予後不良は36例、予後良好は145例で、初回ABR無反応例に神経学的予後不良を有意に多く認めた(χ^2 検定)。無反応例を除いたABR異常例16例では、神経学的予後不良が5例、予後良好11例で、ABR正常例と比べ神経学的予後に有意な関係はなかった(表1)。

3. 神経学的予後とABR V波潜時の比較

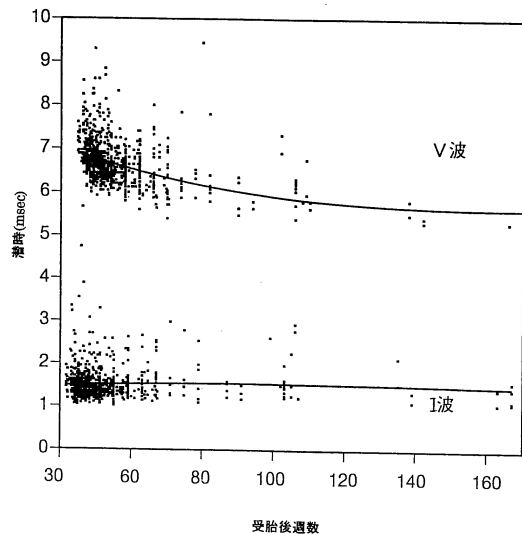


図1. 受胎後週数に伴うABR I波およびV波潜時の変化

表1. 初回ABRの異常の有無と神経学的予後の関係

	神経学的予後不良	神経学的予後良好
ABR無反応	12例	0例
ABR異常	5	11
ABR正常	36	145

* $p < 0.01$
(χ^2 検定)

神経学的予後良好群で、受胎後 40 週に ABR を記録したのは 14 例 27 耳で、44 週では 6 例 12 耳、56 週では 5 例 9 耳であった。予後不良群で受胎後 40 週で ABR を記録したのは 8 例 16 耳、44 週では 9 例 17 耳、56 週では 8 例 16 耳であった。受胎後 40 週と 44 週では両群の潜時の間に有意差がなかったが、56 週では神経学的予後不良群の潜時が有意に長くなっていた(t 検定)。神経学的予後良好群の潜時は受胎後週数に伴い短縮するが、不良群では週数に伴う潜時の短縮が見られなかった(図 2)。

4. 難聴の危険因子と ABR 異常率

総数 437 例中 51 例 11.7% (95% 信頼区間 8.7~14.7%) に ABR 異常を認めた。難聴の危険因子のいずれに ABR 異常が多いかを χ^2 検定で有意差検定し、表 2 に示す結果を得た。人工呼吸管理 10 日以上および症例数が 5 例と少ないが妊娠中の非細菌感染の両危険因子は有意水

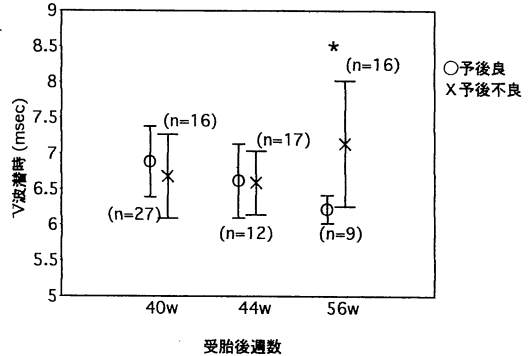


図 2. 神経学的予後と各受胎後週数における ABR V 波潜時の比較
津守・稲毛式発達検査で DQ85 以上を神経学的予後良好群、85 未満を予後不良群とし、各受胎後週数における ABR V 波潜時を比較した。各点とエラーバーは両群の潜時の平均と 1SD を示す。() 内は各週数で ABR を行った耳数を示す。
* : $p < 0.05$ (t 検定)

表 2. 難聴の危険因子と ABR 異常率

難聴の危険因子	ABR		例数	ABR 異常率 (95% 信頼区間)	χ^2 検定 p 値
	正常	異常			
人工呼吸管理	あり	188	28	216	13.0 (8.5~17.5)
	なし	198	23	221	
					0.4054
人工呼吸管理 10 日以上	あり	80	18	98	18.4 (10.7~26.1)
	なし	306	33	339	
					0.0191 *
光線療法 or 交換輸血	あり	210	33	243	13.6 (9.3~17.9)
	なし	176	18	194	
					0.1640
脳障害	あり	51	20	71	28.2 (17.7~38.7)
	なし	335	31	366	
					<0.0001 **
light for date	あり	64	7	71	9.9 (3.0~16.8)
	なし	322	44	366	
					0.6635
出生体重	<1,000g	35	5	40	12.5 (2.3~22.7)
	<1,500g	102	15	117	
	<2,500g	168	14	182	
	2,500g ≤	81	17	98	
					0.1100
頭頸部奇形	あり	3	12	15	80.0
	なし	383	39	422	
					<0.0001 **
奇形症候群	あり	11	12	23	52.2
	なし	375	39	414	
					<0.0001 **
PPHN	あり	5	6	11	54.5
	なし	381	45	426	
					<0.0001 **
妊娠中 非細菌感染	あり	3	2	5	40.0
	なし	383	49	432	
					0.0472 *

脳障害：1 分後の Apgar score 3 以下の重症仮死，Papile の分類で 3 度以上の頭蓋内出血，水頭症，脳室周囲白質軟化症のいずれかを有するもの

PPHN：persistent pulmonary hypertension of the newborn

*, ** の項目はそれぞれ危険率 1% 未満，5% 未満で有意に多く ABR 異常を認めた (χ^2 検定)。

準0.05でABR異常を多く認めた。脳障害、頭頸部奇形、奇形症候群、PPHNの各因子は有意水準0.01でABR異常を多く認めた。光線療法、人工呼吸管理、light for dateの各因子はABR異常の頻度は高くなかった。

出生体重に関しては、1,000g未満の超低出生体重児であってもそれ以上の出生体重児と比較してABR異常が多いということはなく、出生体重とABR異常に有意な関係は見られなかった(表2)。

5. ABR異常児の聴覚予後およびNICU入院児の難聴の頻度

初回ABRが異常であった51例中7例は、転院したり来院しなかったため経過観察できなかった。経過観察できている44例中26例(59.1%)は、その後のABRまたは幼児聴力検査で聴力正常と診断された。聴力正常と診断されなかったものは18例で、そのうち6例は死亡し、4例は精神・運動発達遅滞が高度で聴力検査を行えなかった。難聴と診断した8例の内訳は滲出性中耳炎による軽度難聴1例、両側中等度難聴3例、小耳症による一側中等度難聴1例、両側高度難聴2例、一側高度難聴1例であった(表3)。初回ABRが無反応であったもので聴力正常となったものはなかったが、60~70dBnHLの閾値上昇を認めた26例は全例が後に聴力正常と診断された。

2歳以上まで経過観察できている209例中、上記の8例に後に述べる遅発性の難聴4例を加えた12例(5.7%)が最終的に難聴と診断された。

6. 遅発性の難聴例

この8年間に初回ABRが正常であったにもかかわらず、後に難聴と診断された例を4例経験している。その4例を表4に掲げるが、4例とも初回ABRの両側閾値は30dBnHL以下で、潜時にも遅れはなく正常であっ

た。この4例は初回ABRが正常であったために小児科のみで経過観察を受けていた。母親が難聴を疑ったり言語発達遅滞があったために再検査を受け、全例に両側高度難聴が発見された。このうち2例は初回ABRが正常であったために難聴を疑うことが遅く、高度難聴の診断がそれぞれ3歳、5歳と非常に遅れてしまった。これら4症例の難聴の危険因子については、3例は10日以上的人工呼吸管理を受け、3例ともHFO(high frequency oxygenation)を使用した重度の呼吸障害例であり、そのうち1例はPPHNも呈していた。他の1例は、人工呼吸管理は4日であったが、PPHNを呈していた(表4)。

考 察

1. 受胎後週数とABR潜時について

1970年にJewettらによりABRが導入されて以来、ABRは出生時から明瞭な反応が得られ、乳幼児における簡便で信頼性の高い聴力および脳幹機能検査として広

表3. 初回ABRで異常を示した51例の聴覚予後

聴力正常	26例
難聴あり	8例
<ul style="list-style-type: none"> 両側軽度難聴(滲出性中耳炎) 1例 両側中等度難聴 3例 一側中等度難聴(小耳症) 1例 両側高度難聴 2例 一側高度難聴 1例 	
重度の発達遅滞	4例
死亡	6例
ドロップアウト	7例

表4. 初回ABRが正常であったにもかかわらず後に難聴と診断された4症例

症例	性	在胎週数	出生体重	人工呼吸管理	光線療法	合併症	初回ABR	難聴診断時	
1	U.T.	F	40w3d	3,200g	13d (HFO)	0d	CDH, PPHN	4m	5y4m
2	Y.E.	F	41w4d	2,500g	4d	0d	PPHN	1m	3y0m
3	D.K.	M	34w4d	2,566g	31d (HFO)	0d	HIE	1d	1y3m
4	A.T.	F	37w1d	2,776g	19d (HFO)	0d	CDH, cretinism	1m	1y6m

4症例の難聴の危険因子、初回ABR施行年齢および難聴と診断された年齢を示す。

全例、両側高度難聴と診断された。

CDH: congenital diaphragmatic hernia

PPHN: persistent pulmonary hypertension of the newborn

HIE: hypoxic ischemic encephalopathy

HFO: high frequency oxygenation

く応用されてきた。ABRの各波潜時は生後週数に伴い短縮し、早産児では正常産新生児より各波潜時が延長していることも多数報告された^{5,6,7)}。神経系の生理学的発達、受胎後年齢にしたがって進み、その速度は胎外と胎内で差がない⁸⁾。ABRは26~30週から出現し、各波潜時は受胎後週数が進むにしたがって短縮し、特に34週以前の短縮が著しい。その後の35~40週での潜時の短縮はV波潜時の短縮が著明で、その結果I-V波間潜時が短縮する。これはこの時期の脳幹部の髓鞘化やシナプスの効率急速に上昇することによる^{9,10)}。末梢聴神経由来といわれるI波が先に短縮し、中脳由来といわれるV波が後に短縮するのは尾側から頭側に向かう神経系の成熟を示す。I波は生後6週で、V波は生後12~18か月で成人の潜時に近づくと報告されている^{11,12)}。筆者の検討でもV波の短縮が著明で、これまでの他の報告と同様に生後1歳半までの間に脳幹部の髓鞘化が進むことが示唆された。

2. ABR異常の有無と神経学的予後について

初回ABR異常例の神経学的予後についてみると、ABR無反応例では神経学的予後が正常であった例は1例もなく、無反応例の予後は非常に悪いと予想される。無反応ではなかった異常例とABR正常例の比較では神経学的予後に有意差はなく、無反応でない異常例は必ずしも神経学的予後が悪いとはいえない。ABRの各波潜時は成熟に伴い短縮することから、潜時が神経学的発達の何らかの指標にならないかと期待したが、同じ週数で比べたところ受胎後40週と44週では神経学的予後不良群と良好群の潜時に有意差はなく、受胎後56週でのみ神経学的予後不良群の潜時が有意に長かった。受胎後56週では予後良好群の検耳が9耳と少ないため両群の潜時に有意差が出た可能性はある。筆者の以前の6年間329例の検討では、56週でも神経学的予後不良群と良好群の潜時に有意差はなく、予後良好群では週数に伴い潜時が短縮していくのに対し、予後不良群は潜時の短縮がみられないという傾向が得られただけであった¹³⁾。今回の結果と総合して、同一症例で経時的に見た場合、潜時の短縮が見られない場合は予後が悪いと予想される。また、受胎後56週でV波潜時が7 msec以上の児は予後不良の可能性が高いと予想される。しかし、受胎後44週末満の早い週数では潜時の絶対値だけで神経学的予後を予測する事はできないと考えた。

3. 難聴の危険因子について

1,500 g未満の極低出生体重児は難聴を伴うという報告が多いが^{14,15)}、今回の検討では体重によるABR異常率に有意差はなかった。筆者の以前の検討では有意差はなかったものの、1,000 g未満の超低出生体重児はABR

異常の頻度がやや高く、難聴のリスクが高いと考えた¹³⁾。しかし、症例数を増やした今回の437例では体重とABR異常の頻度に有意な関係はなく、低出生体重は難聴のリスクにはならないと考えた。

新生児では、脳血液関門と同様に内耳血液関門が未だ完成していないために、ビリルビンによって大脳基底核とともにコルチ器の感覚細胞が障害され感音難聴が生じやすい²⁾。一方、早期の光線療法や交換輸血の導入で核黄疸の頻度は劇的に減少した^{14,16)}。今回の検討では光線療法または交換輸血を要した児のABR異常の頻度は低く、高ビリルビン血症は難聴の危険因子としては重要ではなかった。高ビリルビン血症は聴覚系に障害を与えるであろうが、早期に適切に治療されれば難聴のリスクとはならないと考えた。

人工呼吸管理の有無によるABR異常の頻度に有意差はなかったが、人工呼吸管理10日以上呼吸障害では有意にABR異常率が高く、高度の呼吸障害は難聴のリスクになると考えた。

頭頸部の奇形や奇形症候群あるいは妊娠中の非細菌感染のあった児にABR異常を多く認めた。これらの胎生期因子を有する児のABR異常の頻度は高かった。一方、低酸素血症や高ビリルビン血症などの周産期因子を有する児のABR異常の頻度は低く、また、出生体重とABR異常の頻度に有意な関係はなかったことから、周産期医療の発達により脳性麻痺などの後遺症が減ったように¹⁾、難聴の頻度も下がっていると考えた。それでもなお10日以上人工呼吸管理を要した児、PPHNを呈した児、脳障害をおこすほどの低酸素血症があった児は難聴のリスクが高いと考えた。なかでもHFOの使用やPPHNを呈した児は遅発性の高度難聴を起こしており、また、他にもPPHN例に遅発性難聴の報告があり^{17,18)}、PPHNを呈した児やHFOを使用した児は特に注意して経過観察する必要があると考えた。

4. ABR異常例の聴覚予後およびハイリスク児の聴覚スクリーニング検査について

今回の検討では、2歳以上まで経過観察ができていた209例中、後に診断された例も含めて最終的に12例(5.7%)が難聴と診断された。一般の難聴の頻度は1,000人から2,000人に1人、すなわち0.1~0.05%であるのでNICUに入院したハイリスクの新生児は高率に難聴を合併している。このように周産期異常を多く抱え、難聴のリスクの高いNICU入院児は何らかの聴覚スクリーニング検査が必要と思われる。Galambosは難聴以外の神経学的異常の頻度も高いNICU入院児全例にABRを行うことを提唱し³⁾、その後NICU入院児のABRに

関する報告が相次いだ。しかし、ABRは睡眠剤を用いて入眠下に行く必要があり、測定に時間がかかるなどの欠点があるため、現在は短時間で行うことができるOAE(otoacoustic emission)でスクリーニングして、異常例のみにABRを行うという方法をとっている施設もある¹⁹⁾。

今回の検討では初回ABRが異常であっても半数以上は後の検査で聴力正常と診断された。中尾らの報告でも難聴のハイリスク新生児、乳児に施行したABRで早期に検査したものに異常が多く、3～6か月後の再検で初回異常の約半数が最終的に正常聴力と診断されている²⁰⁾。これらのことから早期のABR検査では取り込みすぎが多く、生後6か月以降の検査であれば取り込みすぎがなくなると考える。しかし、生後6か月以降に全例にABRを行うのは入院中に全例に検査を行うよりさらに困難であろう。また、いずれかの方法で検査したとしても、他の報告¹⁷⁾¹⁸⁾や筆者が経験したように、初回検査が正常であった症例に後に難聴が発見されるという問題は残る。

そこで、筆者はNICU入院児全員にABRを行うのではなくその中でも難聴のリスクの高い症例に絞ってABRを行い、1歳前後に全例にCOR(condition oriented response)を行うのが最も効率が良く、しかも後に発症した難聴も見逃さない方法ではないかと考え、1996年から実施している。客観的検査ではないという問題はあがるが、慣れた検者であればCORは信頼性のある検査で、眠らせる必要もなく低音から高音までの周波数の閾値を短時間で調べることができる。今回の検討で難聴の因子として重要であった高度の低酸素血症(人工呼吸管理10日以上、特にHFOの使用、PPNH、脳障害があるもの)や頭頸部奇形、奇形症候群あるいは妊娠中の非細菌感染を有する児に対しては特に早期からABRを行い、ABRが正常であっても生後6か月および1歳で定期的に聴力検査を行い注意して経過観察する必要があると考えた。

NICUに入院するハイリスク新生児は高率に難聴を合併し、その検査にABRが有用であるといわれ、筆者も1988年以来NICU入院児にABRを行ってきた。ここで1988～1995年の8年間に行ったABRについてその有用性と問題点を改めて検証し、今後の聴力検査について有用な時期と方法を提唱した。

ま と め

1. 1988～1995年の8年間に奈良県立医科大学付属病院NICUに入院したハイリスク新生児437例にABRを行った。I波の変化はほとんど見られなかったが、受胎後週

数が進むにつれてV波が短縮し、その結果I-V波間潜時が短縮した。V波潜時の短縮は受胎後約120週でプラトーに達し、生後1歳半までの間に脳幹の髄鞘化が進むことが示唆された。

2. ABR無反応例の神経学的予後は著しく悪かった。神経学的予後良好群では受胎後週数が進むにつれて潜時が短縮するが、予後不良群では週数に伴う潜時の短縮が見られず、受胎後56週では予後不良群のV波潜時は有意に長くなった。

3. 437例中51例、11.7%(95%信頼区間8.7～14.7%)が少なくとも一側のV波閾値が60dBnHL以上でABR異常を認めた。ABR異常の重要な因子は人工呼吸管理10日以上、脳障害、頭頸部奇形、PPHNあるいは妊娠中の非細菌性感染の各危険因子で、高度の低酸素血症や胎生期因子を有する児にABR異常が多かった。

4. 初回ABRが正常で後に難聴と診断された例は4例あり、そのうち3例は人工呼吸管理10日以上(HFO使用)の高度の呼吸障害例で、うち1例にはPPHNも合併していた。他の1例は、人工呼吸管理は4日であったが、PPHNを呈していた。4例とも高度の低酸素血症があったことが示唆された。

5. NICUに入院したハイリスク新生児の聴覚スクリーニング検査は、上記3の因子を認めるような症例は特に早期にABRを行い、1歳前後に全例にCORを行うのが最も効率よく難聴の見逃しが少ない方法ではないかと考えた。

謝 辞

稿を終えるにあたり、ご指導、ご校閲を賜りました奈良県立医科大学小児科学教室吉岡 章教授に深甚なる謝意を表しますとともに、ご校閲、ご助言を賜りました麻酔科学教室古屋 仁教授ならびに第2外科学教室神 寿右教授に深謝いたします。また、症例の提供と貴重なご助言をいただきました奈良県立医科大学付属病院NICU高橋幸博教授に深謝いたします。またご指導頂きました耳鼻咽喉科学教室松永 喬前教授に深謝いたします。

文 献

- 1) 鈴木篤郎, 田中美郷: 幼児難聴の病態. 幼児難聴. 37～98頁, 医歯薬出版. 1979.
- 2) 加我君孝, 都筑俊實: ハイリスク児の聴覚障害. 小児内科 23: 41～49, 1991.
- 3) Shulman-Galambos, C. and Galambos, R.: Brainstem auditory-evoked response in pre-

- mature infants. *J. Speech Hear. Res.* **18**: 456~465, 1975.
- 4) 志村浩二: 低出生体重児の発育と予後. 新版 新生児, 未熟児の取り扱い, 奥山和男(編), 296~308頁, 診断と治療社. 1990.
 - 5) 矢野 純, 五十嵐明美, 石田正人, 白石輝雄, 細川智: 正常出生児における新生児期, 乳児期の ABR. *Audiol. Jpn.* **24**: 96~101, 1981.
 - 6) 矢野 純, 石田正人, 野末道彦: 正常出生児における1年間の ABR-音圧と潜時の関係の変化一. *日耳鼻.* **86**: 966~972, 1983.
 - 7) 石田正人: 早産児の ABR の潜時. *Audiol. Jpn.* **27**: 44~50, 1984.
 - 8) 中嶋健之: 神経系の生理学的発達. *周産期医学* **15**: 1789~1800, 1985.
 - 9) Starr, A., Amile, R. N., Martin, W. H., and Sanders, S.: Development of auditory function in newborn infants revealed by auditory brainstem potentials. *Pediatr.* **60**: 831~839, 1977.
 - 10) Despland, P-A. and Galambos, R.: The auditory brainstem response (ABR) is a useful diagnostic tool in the intensive care nursery. *Pediatr. Res.* **14**: 154~158, 1980.
 - 11) Hecox, K. and Galambos, R.: Brainstem auditory evoked responses in human infants and adults. *Arch. Otolaryngol.* **99**: 30~33, 1974.
 - 12) Salamy, A. and McKean, C. M.: Postnatal development of human brainstem potentials during the first year of life. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* **40**: 418~426, 1976.
 - 13) 嶋 史子, 田中真理子, 北奥恵之, 成尾一彦, 松永喬: NICU 入院児の聴力スクリーニングについての検討. *Audiol. Jpn.*(投稿中).
 - 14) Bergman, I., Hirsch, R. P., Fria, T. J., Shapiro, S. M., Holzman, I., and Painter, M. J.: Cause of hearing loss in the high-risk premature infant. *J. Pediatr.* **106**: 95~101, 1985.
 - 15) 大西信治郎: 新生児聴力スクリーニング. 聴性脳幹反応, 鈴木篤郎(監修), 133~231頁, メジカルビュー社. 1985.
 - 16) Wennberg, R. P., Ahlfors, C. E., Bickers, R., McMurtry, C. A. and Shetter, J. L.: Abnormal brainstem response in a newborn infant with hyperbilirubinemia: improvement with exchange transfusion. *J. Pediatr.* **100**: 624~626, 1982.
 - 17) 川城信子, 土橋信明, 荒木昭夫, 古賀慶次郎, 河野寿夫, 伊藤裕司: NICU 退院後に発症した聴力障害. *日耳鼻.* **97**: 1056~1061, 1994.
 - 18) 善利祐実, 八尾徳明, 権東雅宏, 中邨弘重, 立石格, 河野寿夫, 加我牧子: 新生児遷延性肺高血圧 (PPHN) の聴覚予後. *新生児誌.* **32**: 278~283, 1996.
 - 19) 吉村恵理子, 市川朝也, 矢野 純, 加我君孝: NICU の乳児の聴性行動反応, 誘発耳音響放射, 聴性脳幹反応. *Otol. Jpn.* **5**: 230~235, 1995.
 - 20) 中尾美穂, 西山彰子, 土井玲子, 鈴木敏弘, 志多真理子, 立本圭吾, 小宮精一, 村上 泰: 新生児, 乳児における聴性脳幹反応一月齢による推移およびその評価について一. *Audiol. Jpn.* **40**: 237~245, 1997.

