

# 人工内耳使用者の電氣的アブミ骨筋反射

— 小児の C レベル推定への応用 —

武 田 篤

## Electrically Evoked Stapedius Reflex in Cochlear Implant Patient

Atsushi Takeda

Programming of cochlear implant requires subjective responses to a series of psychophysical percepts. Adults can readily provide the information necessary for programming the speech processor. However, younger children may be limited to provide the necessary information. Especially, it is difficult for young deaf children to measure maximum comfortable level (C level), and so the need for objective ways to program speech processor has become more important. This study was carried out in order to assess the relationship between electrically evoked stapedius reflex (eSR) and C level in cochlear implant patients. The subjects were 13 postlinguistically deafened adult and 7 prelinguistically or perilinguistically children who were received rehabilitation. Of 20 subjects evaluated, eSR were present in 15 (75%). The eSR thresholds always was located close to C level. The eSR thresholds were compared with C level by regression analysis. A highly significant statistical positive correlation was observed in eSR threshold and C level ( $r=0.94$ ,  $p<0.01$ ). The use of eSR measures may be helpful in setting C levels for pediatric cochlear implant patients.

**Key words:** cochlear implant, electrically evoked stapedius reflex, maximum comfortable level, mapping

### はじめに

人工内耳は言語習得後の両側高度難聴者にとって、一度失った音の世界を取り戻し、音声言語でのコミュニケーションを可能にする画期的な治療法として評価されている。また1998年に日本耳鼻咽喉科学会から小児例に対する人工内耳適応基準が示されてからは、言語習得前、あるいは習得途上の小児への適応も着実に増加してきている<sup>1,2)</sup>。しかし、発達途上にある小児例のリハビリテーションでは、成人例に比べ人工内耳のプログラミング（マッピング）の難しさや言語発達をどのようにして促進するかなどの多くの課題がある<sup>4,8)</sup>。特に、人工内耳のプログラミングでは、患者に精神物理学的測定による最小可聴閾（T レベル）と最大快適レベル（C レベル）についての自覚的な応答を要求するため、言語習得前や習得途上の幼児においては困難を伴うことが多い。最小可聴閾であれば条件づけ聴力検査や遊戯聴力検査などと同様の方

法で測定可能なこともあるが、最大快適レベルの測定は行動観察に頼るしかなく、場合によっては音が強すぎて子どもに不快感や苦痛を与え、結果としてプログラミングの拒否を招きかねない。したがって、小児の人工内耳プログラミングにおいては、他覚的に最大快適レベルを測定する方法を確立することが急務の課題となっている。現在まで人工内耳のプログラミングに必要な最小可聴閾や最大快適レベルを他覚的に測定する方法としては、電氣的誘発による聴性脳幹反応（electrically evoked auditory brainstem response ; EABR）やアブミ骨筋反射（electrically evoked stapedial reflex ; eSR）、さらに最新の Nucleus 社製 N24 システムの機能に加わった神経反応テレメトリ（neural response telemetry ; NRT）がある。EABR は最小可聴閾値について一定の情報を与えてくれるものの、最大快適レベルに関しては予測性がなく<sup>9)</sup>、また NRT は概ね最小可聴閾と最大快適レベ

ル内に出現するが、個人差も大きいことが報告されている<sup>10)</sup>。一方 eSR は、最大快適レベルと近似し、高い相関を示すという報告がなされてきており<sup>11-14)</sup>、小児の人工内耳プログラミングで最も難しい最大快適レベルの設定に有用な情報をもたらしてくれる可能性をもっている。そこで、本研究では eSR 測定における臨床的信頼性を調べ、さらに eSR 閾値と自覚的な最大快適レベルとの関係を検討することを目的とした。

### 対象および方法

#### 1. 対象

人工内耳埋込術を行い、リハビリテーションを行った言語習得後成人聾13例と言語習得前ないし習得途上の小児7例、計20例を対象とした(表1)。

使用した人工内耳は、Nucleus社製N22システム(14例)とN24システム(6例)である。手術年齢は3歳から68歳(平均41.1歳)、失聴期間は1年から42年(平均11.0年)であった。原因は特発性両側性感音難聴が6例、髄膜炎5例、若年性進行性内耳性難聴と先天性が各3例、ムンプス難聴2例、およびストレプトマイシン難聴が1例であった。eSR測定時までの人工内耳使用期間は1ヵ月から5年6ヵ月(平均2年0ヵ月)であった。コード化法は全例Speak法で、刺激モードはN22システムがBP+1、N24システムがMP1+2を用いた。

#### 2. 方法

患者は通常の人工内耳のT/Cレベル測定時と同様に、診断プログラミングシステム(DPS)が内蔵されたパーソナルコンピュータと接続されたプロセッサインターフェイス(DPIあるいはPCI)にスピーチプロセッサを接続し、無線信号送信コイルを頭部にセットした。次に、人工内耳の埋込みを行った側の対側耳にインピーダンスオージオメーター(ダナジャパン製DANAC-45)のプロンプを挿入した(図1)。eSR測定開始前にインピーダンスオージオメーターで通常のティンパノメトリーを実施し、ティンパノグラムがA型であることを確認した。その後インピーダンスオージオメーターのオシロスコープで波形を観察しながらパーソナルコンピュータのキーボード(Gコマンド)から刺激量5ステップの上昇法で、刺激レート250Hz、刺激持続時間1000msecの刺激を与え、アブミ骨筋反射(eSR)を測定した。eSRの閾値は、オシロスコープでアブミ骨筋反射が最初に認められた最も低いレベルと定義した。電極の測定は、原則として患者が通常のマップで使用している全電極を測定したが、測定時間短縮のため蝸牛頂付近の電極から蝸牛窓の方向に数チャンネルおきに5電極のみを選択して測定した例が3例あった。

eSR閾値とCレベルの相関関係を検討するためにピアソンの単回帰法を用い、両者の差にはBland and

表1. 症例一覧

No.	成人・小児別	CI type	手術年齢	失聴期間	原因	使用電極数	人工内耳使用期間	eSRの有無	eSR測定電極数
1	成人	N22	35歳	1年	ムンプス	16ch	5年6月	+	16ch
2	成人	N22	46	26	ストレプトマイシン難聴	20	4年9月	-	
3	成人	N22	56	3	特発性両側性感音難聴	19	4年6月	+	12*
4	成人	N22	51	13	髄膜炎	15	4年4月	-	
5	成人	N22	24	1	若年性進行性内耳性難聴	20	3年5月	+	20
6	成人	N22	42	2	特発性両側性感音難聴	18	3年0月	+	18
7	成人	N22	45	15	特発性両側性感音難聴	20	2年9月	+	20
8	成人	N22	50	33	若年性進行性内耳性難聴	20	2年11月	-	
9	成人	N22	62	12	特発性両側性感音難聴	19	2年10月	-	
10	成人	N22	49	42	髄膜炎	20	1年0月	+	20
11	成人	N24	48	14	若年性進行性内耳性難聴	20	1月	+	20
12	成人	N24	68	1	特発性両側性感音難聴	20	1月	+	20
13	成人	N24	64	29	特発性両側性感音難聴	20	1月	+	5**
14	小児	N22	5	1	髄膜炎	20	3年4月	+	20
15	小児	N22	9	9	先天性	20	9月	+	20
16	小児	N22	3	1	髄膜炎	20	1月	+	20
17	小児	N22	7	1	ムンプス	20	1月	+	20
18	小児	N24	3	2	髄膜炎	20	1月	-	
19	小児	N24	11	11	先天性	20	1月	+	5**
20	小児	N24	3	3	先天性	20	1月	+	5**

\* 蝸牛窓側の電極でeSR出現前に不快感を訴えたため7電極は測定せず。

\*\* 測定時間短縮のため5電極のみ測定。

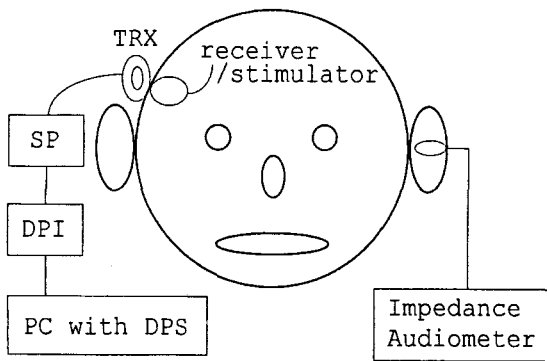


図 1. eSR 測定法

スピーチプロセッサ (SP) を Dual Processor Interface (DPI) に接続し、無線信号送信コイル (TRX) を頭部にセットする。人工内耳埋込みの対側耳に impedance audiometer のプローブを挿入する。Diagnostic Programming System (DPS) で pulse rate 250Hz, stimulus duration 1000msec の電気刺激を行い、対側耳のアブミ骨筋反射を測定する。

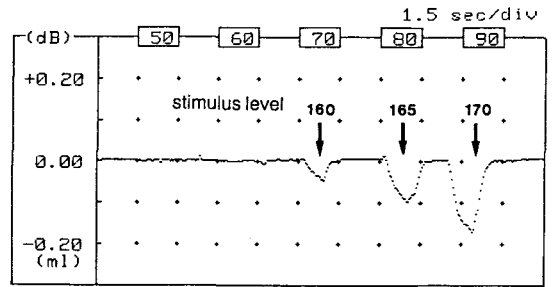


図 2. eSR 測定例

失聴期間15年の48歳女性、右耳に埋込んだ人工内耳を DPI より電気刺激し、左耳のアブミ骨筋反射を測定した。N22 システム使用。測定 channel は 11ch. stimulus level 160 から反応がみられる。

Altman 法<sup>15)</sup>を用いた。統計学的有意は p 値が0.05未満と定義した。

## 結果

### 1. eSR 出現の有無

図 2 に eSR の測定例を示した。通常のアブミ骨筋反射と同様の反応パターンが得られ、図に示した例では刺激レベル160から反応がみられた。eSR を測定した20例中15例 (75.0%) に反応が認められた。成人と小児別では、成人で13例中9例 (69.2%)、小児で7例中6例 (85.7%) に反応が得られた (表1)。また、eSR の反応が認められた例では、蝸牛窓側の7電極で eSR の反応が出現する前の刺激レベルで「痛い感じがする」等の

不快感を訴えたため測定を行わなかった症例3と測定時間短縮のために5電極しか測定しなかった3例を除いて、通常のマッピングで使用している全ての電極で eSR の反応が得られた。

### 2. 各電極ごとの eSR 閾値と C レベルの関係 (症例呈示)

図3に各電極ごとの eSR 閾値と C レベルについて成人の症例を示した。各電極の eSR の閾値は C レベルと同様の動きを示し、その値は近似していた。

### 3. eSR の閾値と C レベルの相関

本人の自覚的反應閾値である C レベルが測定可能な小児4例 (症例No.14, 15, 17, および19) を含む全13例、合計電極数216チャンネルの eSR 閾値と C レベルと

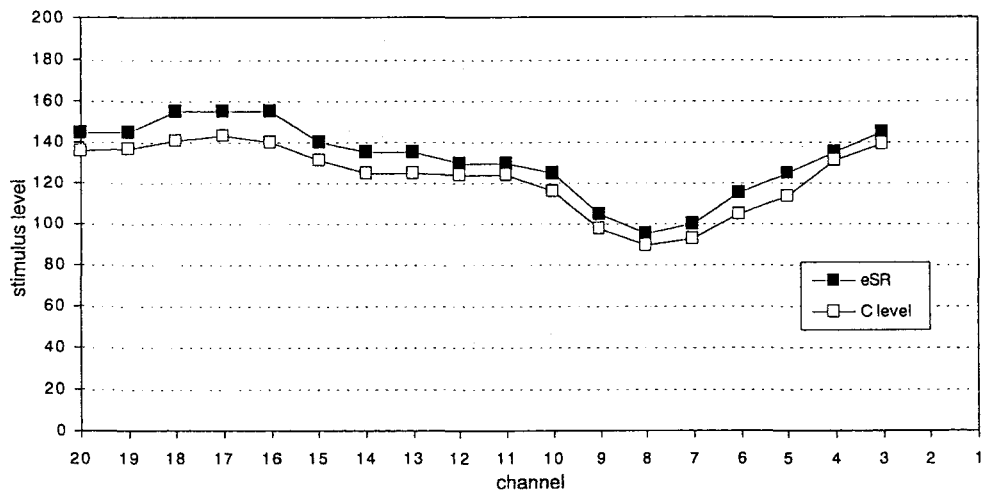


図 3. 各電極ごとの eSR 閾値と C レベルの関係

各 channel の eSR の閾値を■、C レベルを□で示した。失聴期間2年の45歳女性で、N22 システム使用。1および2channel は十分大きな音を得られる前に「突き刺さるような感じ」と応答するため、これらの電極は使用していない。

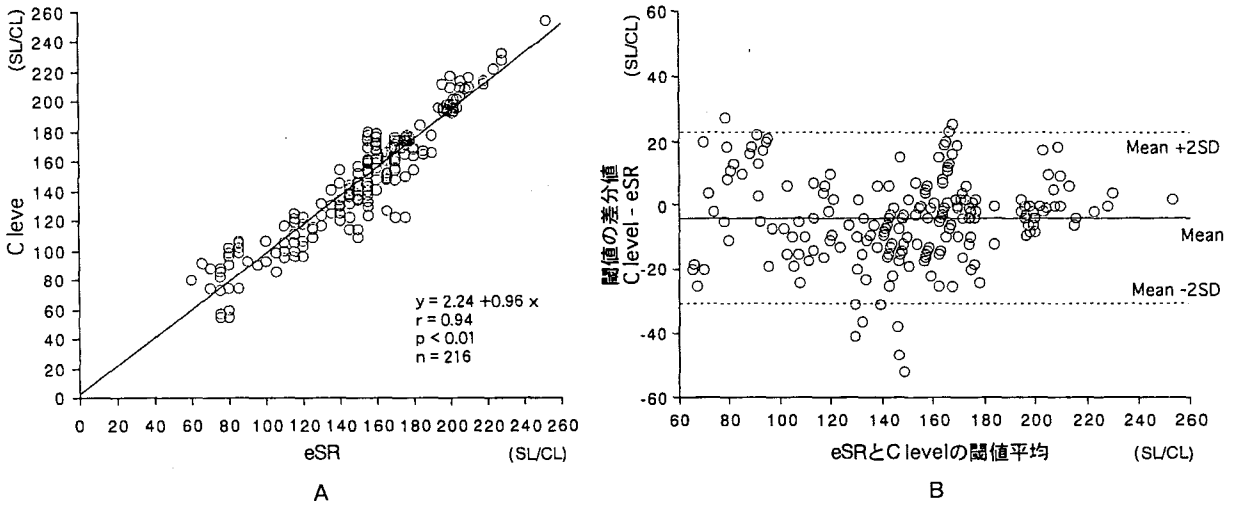


図4. 全症例の eSR と C レベルとの相関 (A) とその平均誤差 (B)

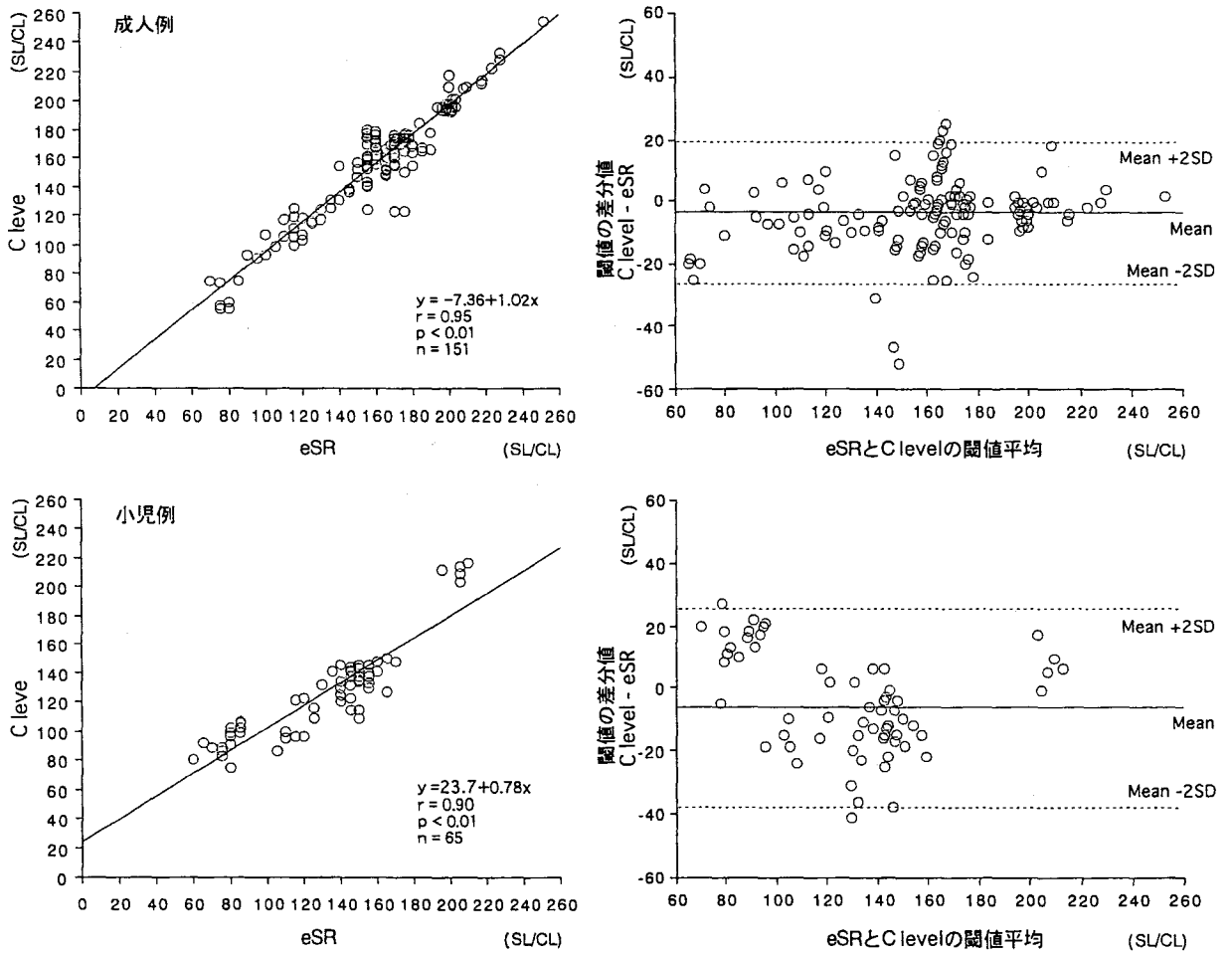


図5. 成人例と小児例別の eSR と C レベルとの相関とその平均誤差 (上段成人, 下段小児)

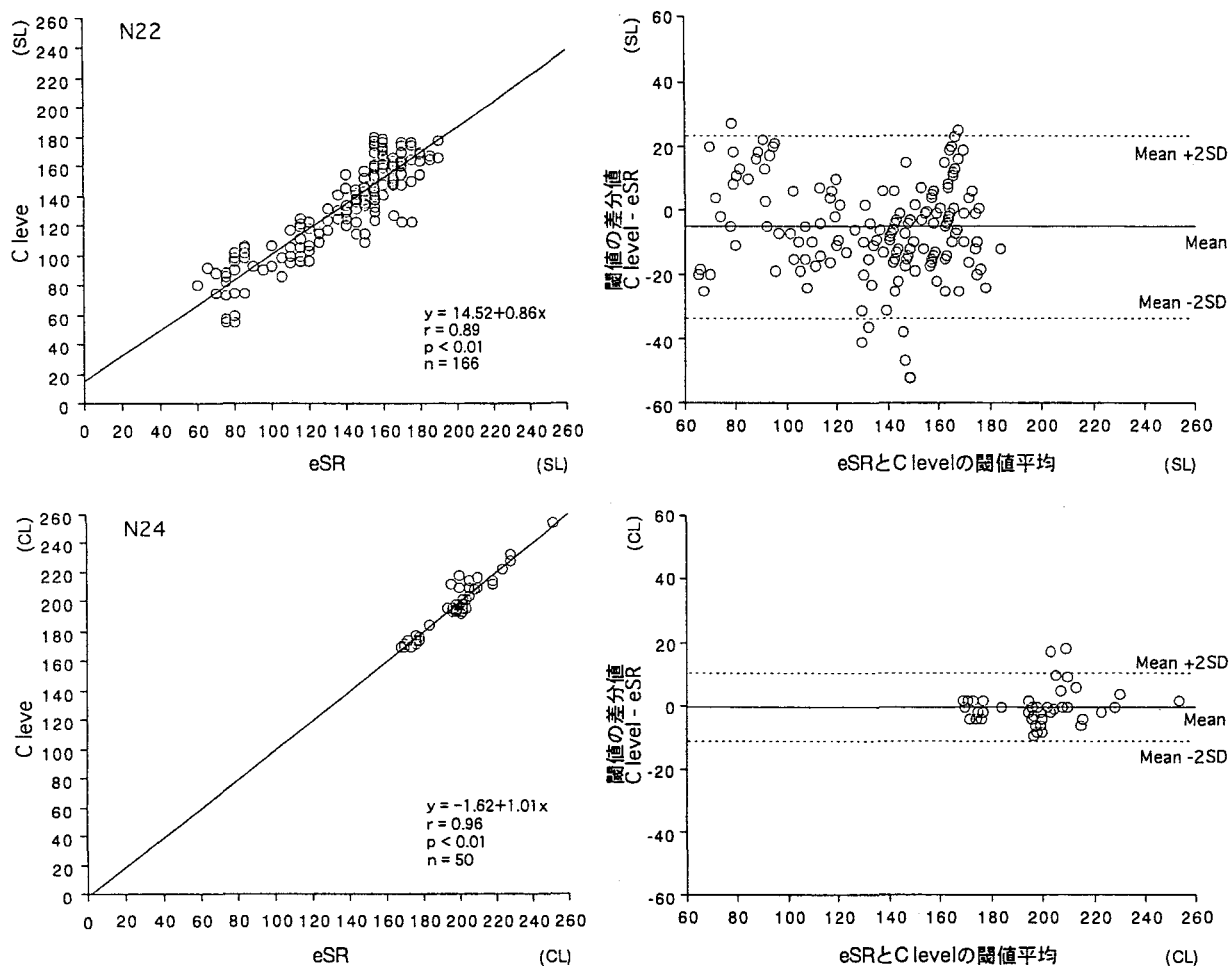


図6. N22とN24別のeSRとCレベルの相関とその平均誤差(上段N22, 下段N24)

の相関とその平均誤差を図4に示した。eSR 閾値とCレベルとの間に有意な相関関係が認められ ( $r=0.94$ ,  $p<0.01$ ), CレベルとeSR 閾値との平均誤差は $-4.0$  ( $1SD\pm 13.1$ )であった。

図5は成人例と小児例別にeSR 閾値とCレベルの相関をみたものである。成人9例, 合計電極数151チャンネルでは, eSRの閾値とCレベルとの間に有意な相関を認め ( $r=0.95$ ,  $p<0.01$ ), その平均誤差は $-3.4$  ( $1SD\pm 11.4$ )であった。一方, 小児4例, 合計電極数65チャンネルでは, 成人例に比べると相関は若干低下したが, やはり両者には有意な相関を認め ( $r=0.90$ ,  $p<0.01$ ), その平均誤差は $-5.4$  ( $1SD\pm 16.4$ )であった。

図6は人工内耳の機種別にeSR 閾値とCレベルの相関を検討したものである。N22システムを使用している9例, 合計電極数166チャンネルでは, eSRの閾値とCレベルとの間に有意な相関を認め ( $r=0.89$ ,  $p<0.01$ ), その平均誤差は $-5.1$  ( $1SD\pm 14.5$ )であった。一方, N24システムを使用している4例, 合計電極数50チャンネルでは, eSRの閾値とCレベルとの間に有意な相関が存在し ( $r=0.96$ ,  $p<0.01$ ), その平均誤差も $-0.4$

( $1SD\pm 5.4$ )ときわめて小さく, N22システムに比べeSR 閾値がよりCレベルに近似していた。

## 考察

### 1. eSR 検出率と無反応例

人工内耳埋込み患者の全てで, 電氣的な刺激によるアブミ骨筋反射が検出できるわけではない。成人を対象とした過去の報告では5~8割台の検出率であり<sup>11,12,16-18</sup>, また小児でも6~7割台でeSRが得られている<sup>11,12,14,19</sup>。今回の検討でも成人例で69.2%, 小児例で85.7%のeSRが検出され, 先行研究とほぼ同様の結果を示した。eSRが得られない原因については, 聴神経の機能的問題や中耳疾患などが推測されているが<sup>11,17,19,20</sup>, いまだ不明である。なお, eSRが無反応だからといって, 人工内耳での言語音の聴取ができないということを意味するものではなく, 今回報告したeSR無反応例のいずれでも言語音の聴取は可能であることに留意したい。

### 2. eSRの小児例への応用

人工内耳におけるeSRの応用可能なものとしては, 術前のプロモントリー検査が難しい小児に対してその代

わりに用いて人工内耳候補児を選択すること、手術中の聴神経機能のモニタリング、さらに術後のプログラミング調整に役立てることがあげられるが<sup>17)</sup>、なかでもその利用価値が高いのは、小児のプログラミング調整への応用である。今回の検討の結果、eSR 閾値は自覚的な C レベルと高い相関を有し、かつ現在使用されている N24 システムではその誤差もきわめて小さいことから、小児のプログラミングにおいて C レベルを予測するための有用な方法のひとつといえる。また eSR の測定は、インピーダンスオージオメーター以外の特別な機器を必要とせず、測定時間も全チャンネルを測定するには 1 時間近く要するが、5 チャンネル位であれば小児でも 20 分前後で終了するなど簡便である。さらに入眠状態でも測定可能であることから<sup>12,21)</sup>、マッピングに協力が得られない幼少児にも適応可能である。現行機種 N24 では NRT 機能を有し、これによって T/C レベルを推定することが試みられ一定の有効性が報告されているが<sup>22,23)</sup>、アーチファクトが多い課題も残している<sup>24)</sup>。したがって、現時点では eSR に NRT を併用することでより正確な T/C レベルの推定が可能となり、小児の人工内耳のプログラミングを確実なものにしてくれると思われる。

#### まとめ

1) 人工内耳装用者 20 例中 15 例 (75%) で eSR が検出された。

2) 自発的な C レベルが測定可能な 13 例 (合計電極数 216 チャンネル) の eSR と C レベルには高い相関を認め ( $r=0.94$ )、C レベルと eSR 閾値との平均誤差は  $-4.0$  であった。

3) 成人と小児例別に eSR 閾値と C レベルの相関と平均誤差を検討したところ、成人 9 例 (151 チャンネル) での相関係数は 0.95、平均誤差は  $-3.4$  であった。一方小児 4 例 (65 チャンネル) では相関係数が 0.90 と成人例に比べると若干低下したが、やはり eSR と C レベルには高い相関を認め、その平均誤差は  $-5.4$  であった。

4) 人工内耳の機種別に eSR 閾値と C レベルを比較検討したところ、N22 システムを使用している 9 例 (166 チャンネル) での相関係数は 0.89 で、平均誤差は  $-5.1$  であったのに対し、N24 システムでの相関係数は 0.96 と高く、かつ平均誤差も  $-0.4$  ときわめて小さかった。

5) eSR は人工内耳小児例での C レベル推定に有用な方法の一つであると結論した。

#### 謝 辞

本研究を行うにあたり、ご指導いただきました岩手医科大学耳鼻咽喉科村井和夫教授に深く感謝いたします。また、人工内耳のリハビリテーションに共に取り組んだ盛岡市立病院耳鼻咽喉科村井盛子先生、及川絵美子さんに感謝いたします。

#### 文 献

- 1) 内山勉, 徳光裕子, 野中信之・他: 難聴幼児通園施設における人工内耳装用児の実態. *Audiology Japan* 42: 523-524, 1999
- 2) 工藤多賀, 斎藤宏, 小寺一興: 帝京大学病院における人工内耳装用児の実態. *音声言語医学* 42: 250-256, 2001
- 3) 山口忍, 川野通夫, 藤沢直人・他: 人工内耳装用幼児のマッピング—初回マッピングを中心に—. *Audiology Japan* 42: 667-673, 1999
- 4) 北野庸子, 内藤明, 高橋正紘: 小児人工内耳のマッピングと初期聴能指導の連携. *Audiology Japan* 42: 529-530, 1999
- 5) 森河孝夫, 浅見勝巳, 加藤敏江・他: 幼児での人工内耳マッピング方法における使い分け. *Audiology Japan* 43: 537-534, 2000
- 6) 野中信之, 川野通夫, 森望・他: 人工内耳幼児症例の聴覚による言語獲得—術前に獲得された視覚的手段の役割—. *Audiology Japan* 43: 44-53, 2000
- 7) 本庄巖: 人工内耳と言語. *音声言語医学* 42: 205-212, 2001
- 8) 船坂宗太郎: 乳児の言語獲得過程における聴覚の意義ならびに先天聾乳児への人工内耳応用と効果. *音声言語医学* 43: 105-110, 2002
- 9) Hodges AV, Ruth RA, Lambert PR, et al: Electric auditory brain-stem responses in nucleus multichannel cochlear implant users. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 120:1093-1099, 1994
- 10) Hughes ML, Brown CJ, Abbas PJ, et al: Comparison of EAP thresholds with MAP levels in the nucleus 24 cochlear implant: data from children. *Ear Hear* 21:164-174, 2000
- 11) Spivak LG, Chute PM: The relationship between electrical acoustic reflex thresholds and behavioral comfort levels in children and adult cochlear implant patients. *Ear Hear* 15:184-192, 1994
- 12) Hodges AV, Balkany TJ, Ruth RA, et al: Electrical middle ear muscle reflex: use in cochlear implant programming. *Otolaryngol Head Neck Surg* 117 (3 Pt 1): 255-261, 1997

- 13) 宇良政治, 富里則子, 高橋苗子・他：先天性聾小児の人工内耳におけるアブミ骨筋反射閾値の利用。Audiology Japan 41 : 441-442, 1998
- 14) Bresnihan M, Norman G, Scott F, et al: Measurement of comfort levels by means of electrical stapedial reflex in children. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 127 : 963-966, 2001
- 15) Bland JM, Altman DG: Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet 1 (8476) : 307-310, 1986
- 16) Stephan K, Welzl-Muller K, Stiglbrunner H: Stapedius reflex threshold in cochlear implant patients. Audiology 27:227-233, 1988
- 17) Stephan K, Welzl-Muller K, Stiglbrunner H: Acoustic reflex in patients with cochlear implants (analog stimulation). Am J Otol 12 Suppl:48-51, 1991
- 18) Battmer RD, Laszig R, Lehnhardt E: Electrically elicited stapedius reflex in cochlear implant patients. Ear Hear 11:370-374, 1990
- 19) 野田寛：先天性聾小児の人工内耳－良好な言語発音が得られるために－。聴覚言語障害27 : 37-40, 1998
- 20) Van den Borne B, Mens LH, Snik AF, et al: Stapedius reflex and EABR thresholds in experienced users of the Nucleus cochlear implant. Acta Otolaryngol 114:141-143, 1994
- 21) 唐安洲, 山内昌幸, 富里則子・他：人工内耳マップ作製におけるアブミ骨筋反射閾値の利用。日本耳鼻咽喉科学会会報 96(10) : 1587, 1993
- 22) 内藤明, 北野庸子, 長谷川朋美・他：N24におけるインピーダンステレメトリーおよび神経反応テレメトリー(NRT)の特徴と有用性。Audiology Japan 44 : 131-132, 2001
- 23) Seyle K, Brown CJ: Speech perception using maps based on neural response telemetry measures. Ear Hear 23 (1 Suppl) : 72S-79S, 2002
- 24) Miller CA, Abbas PJ, Brown CJ: An improved method of reducing stimulus artifact in the electrically evoked whole-nerve potential. Ear Hear 21:280-290, 2000