

日本におけるハイブリッド型人工内耳の適応基準の提唱および蝸牛を保護する電極・術式・薬剤の開発

研究分担者：伊藤 健 帝京大学医学部耳鼻咽喉科 教授

## 研究要旨

ハイブリッド型人工内耳は、従来本質的に別々のものであると考えられてきた補聴器と人工内耳を統合する画期的なデバイスであり、低音部に聴力が残存している、高音急墜型難聴を対象としている。手術適応決定においては、高音部がどの程度悪化すると聴取成績が悪くなるかという情報が重要であり、これは言語によって相違が有り得るために、日本語における聴取成績についての検討を行った。語音明瞭度は急墜周波数が下がる程低くなった。まず、「え」の判別が不良となり、「あ」の判別は比較的保たれた。子音の聴取においても急墜周波数が低い程結果が悪かった。「か」行の判別が比較的保たれる傾向にあり、急墜周波数が上がると、「た」行・「は」行・「が」行・「な」行・「や」行が判別できるようになった。高音急墜型感音難聴における日本語語音の判別では、1,000Hzが保たれていれば話し言葉の理解は比較的保たれるのではないかと推察された。

## A. 研究目的

ハイブリッド型人工内耳は、聴覚保障デバイスとして従来本質的に別々のものであると考えられてきた補聴器と人工内耳を統合する画期的なデバイスである。これは、低音部に聴力が残存している、高音急墜型難聴を対象とするもので、高音部がどの程度悪化すると聴取成績が悪くなるかという情報が手術適応決定において重要である。これは言語によって相違が有り得るために、本邦での適応決定には日本語における成績のデータが必要となるため、検討を行った。

## B. 研究方法

2kHz以上の周波数において高度感音難聴を呈する高音急墜型感音難聴における単音節語音聴取成績を、急墜する周波数が①1,000Hzと2,000Hzの間、②500Hzと1,000Hzの間、③250Hzと500Hzの間の3つに分けて検討した。対象は成人に限定し、語音明瞭度・母音聴取・子音聴取成績を調べた。

## C. 研究結果

語音明瞭度は急墜周波数が下がる程低くなった（①>②>③）。母音の判別においては、①群は「あ・い・う・え・お」全てをほぼ判別可能であったが、②群では「え」の判別が不良となり、③群では「い・う・え・お」の判別が不良で、「あ」の判別は比較的保たれた。②群での「え」の判別の誤りは「お」への異聴が主であり、③群ではさらに「え」から「あ」への異聴、「お」から「あ」への異聴が見られた。子音の聴取においても急墜周波数が低い程結果が悪かった。③群においては全ての子音聴取が不良であったが、②群においては「か」行の判別が可能であった。急墜周波数が上がると（①群）、「た」行・「は」行・「が」行・「な」行・「や」行が判別できるようになった。

## D. E 結論・考察

高音急墜型感音難聴における日本語語音の判別では、1,000Hzが保たれていれば母音の判別は良好で子音も半数程度が判別可能であるため、話し言葉の理解は比較的保たれるのではないかと推察された。

## F. 健康危険情報

なし

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

Mitsuya Suzuki, Takio Goto, Akinori Kashio, Takuya Yasui, Takashi Sakamoto, Ken Ito, Tatsuya Yamasoba: Preservation of vestibular function after scala vestibuli cochlear implantation. *Auris Nasus Larynx* 38(5): 638-642, 2011.

Akinori Kashio, Ken Ito, Akinobu Kakigi, Shotaro Karino, Shin-ichi Iwasaki, Takashi Sakamoto, Takuya Yasui, Mitsuya Suzuki, Tatsuya Yamasoba: Carhart notch 2-kHz bone conduction threshold dip - a nondefinitive predictor of stapes fixation in conductive hearing loss with normal tympanic membrane. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 137(3): 236-240, 2011.

### 2. 学会発表

第112回日本耳鼻咽喉科学会学術講演会、平成23年5月19～21日、京都

「人工内耳を装用した先天性高度感音難聴小児例の聴覚・言語発達に關与する因子について」

伊藤 健、樫尾明憲、安井拓也、安達のどか、坂田英明、土井勝美、熊川孝三、山嵜達也

Ⅷ. 知的所有権の出願・取得状況（予定を含む。）

1. 特許取得      なし
2. 実用新案登録      なし
3. その他      なし

新生児聴覚スクリーニング後の問題点 -海外と日本との比較-

研究分担者 安達のどか 埼玉県立小児医療センター耳鼻咽喉科

## 研究要旨

先天性聴覚障害は放置することで、言語の発達だけではなく、行動発達にも影響が生じる得るため早期に発見することが重要である。1990年代頃まで、聴覚障害は外見からわかる障害ではないため、乳幼児においては発見が遅れ障害が先天的な場合でも、言葉を発しないということで2歳過ぎに気づかれることが一般的であった。他の障害と比較すると目に見えて分からない分放置されてしまうリスクが高く、更にその重要性も周囲からの理解が得がたいということも問題点の一つである。これに対して、より早く聴覚障害を発見しようという動きは古く1960年代よりあったが、簡便かつ確実な検査方法がなかったために、検査は妊娠・出産時の経過において難聴の危険因子を持つ児に限られていた。米国では、1990年頃より、その後本邦においては遅れること10年、2000年頃より新生児聴覚スクリーニング（以下NHS：Newborn Hearing Screening）によって、新生児期より難聴が発見され、早期にその後の対策が可能となった。しかし、NHSは、単に検査により障害を発見することだけに意味があるわけではなく、NHSで聴覚障害の疑いがもたれた際に、適切に精密検査が行われ、必要に応じて補聴器の早期装用や難聴児としての療育が開始されることが保障されて初めて意味を持つものである。新生児聴覚検査機器が開発された米国では、聴覚障害の発見後の療育体制が整った後に早期発見への動きが進んでいったのに対して、現在の日本の現状は、聴覚障害が早期に発見されても、療育という面では必ずしも十分な体制がとれているとは言えないのが実情である。療育現場の現状としては、教育水準の格差が存在し、療育先によって子供の将来身に付けるコミュニケーション能力に大きく影響することが示唆されている。本邦の場合は特に都道府県、自治体により対策・方針が異なり、難聴児に対する医療水準にばらつきがあり、その更なる整備は現在尚直面している課題といえる。

### A. アメリカでのNHSの歴史

1986年に全米の病院全体でNHSを施行開始となり、まずハワイ州が1990年に全米初となる法制化に踏み切った。その後1999年には全米での実施が議案可決され、2007年には42州において、法制化となり義務的にNHSが施行されている。2006年以降は95%のNHS施行率が続いている。

### 日本でのNHSの歴史

日本は遅れること約10年、1997年に自動ABRが導入され1998年に厚生省科学研究班が発足、2000年に厚生省が都道府県・指定都市へモデル事業実施に踏み切った。その後2007年には厚生省が新生児聴覚検査事業への補助金を廃止とし、その後の状況としては、公的検査費補助が終了した県も支援活動は継続されているところもあるが、地域によりばらつきが見られる。NHS率は70%前後であり、数年ほば横ばいの施行率が続いておりその後浸透する傾向は見られない。

### B. 検査方法と精度について

検査方法は主に2種類あり、1)自動聴性脳幹反応（自動ABR）と2)耳音響放射（OAE）がある。1)は脳幹を含めた聴覚伝導路全域を検査

するのに対し、2)は内耳の外有毛細胞の反応をみており、OAEには限界がある。内耳より中枢側の聴神経などの障害による難聴（後迷路性難聴 Auditory Neuropathy）をとらえることは出来ない。

#### 1) 自動聴性脳幹反応 (Automated Auditory Brainstem Response: 自動ABR)

ABRの検査結果を自動解析する機能を持った機器で、検査は前額部、項部、肩に電極をつけ、両耳にイヤークラップを装着し、35dBのクリック音で刺激する。あらかじめ機器に入力されている正常波形（主としてABRのV波）とパターンマッチングを行い、統計的に有意に一致した場合は「pass（反応あり）」、一致しない場合は「refer（要再検）」と自動的に判定される。35dBの刺激でreferになった場合には、40dB、70dBの音で同様に検査を行う。

#### 2) 耳音響放射 (Otoacoustic Emission: OAE)

これには誘発耳音響放射 (Transient Evoked Otoacoustic Emission: TEOAE) と歪成分耳音響放射 (Distortion Product Otoacoustic Emission: DPOAE) があり、ともに外耳道にスピーカーとマイクロホンを挿入し、音の刺激に対して蝸牛内で発生する音響を測定するもので、TEOAEは1から6Hzの音を含むクリック音に対して

弱い同じ音が放射される現象を、DPOAE は 2 つの異なる音( $f_1, f_2$ )に対して  $2f_1 - f_2$  で計算される音が放射される現象を記録される。自動 ABR に比べ、機器とランニングコストがより安価で、検査自体もより簡便でだが、OAE は厳密には内耳機能の検査であり、内耳が正常であれば正常の反応を示すため、聴神経などの内耳より中枢の障害は検出できないことになる。従って、総合評価的にも NHS には、自動 AABR での検査が推奨される。

厚生科学研究(子ども家庭総合研究事業)「新生児期の効果的な研究スクリーニング方法と療育体制に関する研究」班(実施期間 1998.11~2001.3: AABR 使用)の報告では自動 ABR の感度は 100%、特異度は 99.6%とある。その後の厚生労働科学研究班での 2 万例の追跡調査では偽陰性(false negative)は発見されていない。自動 ABR を用いて州全体のスクリーニングをおこなっている米国コロラド州でも 5 年以上にわたって偽陰性例はないとのことであった。

### C. NHS の偽陰性率と注意点

新生児期には聴覚が正常であっても、発育過程で遅発性難聴などによる難聴が出現してくる可能性があり、例えば、新生児聴覚スクリーニングにパスした例が 1 歳で難聴が発見されたとしても、直ちにこれを新生児聴覚スクリーニング検査の false negative とは言えない。

新生児期聴覚スクリーニングは先天代謝異常スクリーニングと異なり、パスすれば一生聴覚障害はないことを保証するものではないので、スクリーニングにパスした場合でも、聴こえの異常が疑われた場合には専門医を受診するように両親に説明しておくことが重要である。乳幼児期には遅発性難聴の他、流行性耳下腺炎や中耳炎などによる難聴が発症する可能性があり、乳幼児期を通じて聴覚の発達には長期的な経過観察が重要である。

### D. 当科における NHS 後発見された難聴児のフォローアップシステム

NHS 後の精密検査目的に当科を受診する新生児は年々増加傾向にある。1999 年 8 月~2011 年 1 月にかけて、152,239 例が埼玉県下の産婦人科もしくは、当院未熟児・新生児科にて NHS を施行し要再検となり、1,020 例(0.67%)が受診している。平均受診月齢は生後 21 日目(生後 4 日~8 ヶ月)である。そのうち両側ともに、正常であった例は 370 例(0.24%)、経過観察群(両側 35~50 dB 未満もしくは片側 35~無反応)は 446 例(0.29%)、要療育対象群(両側 50 dB 以上)は 204 例(0.14%)であった。H12

年 6 月より現目白大学言語聴覚学科坂田教授(前当科科長)が立ち上げた難聴専門外来(難聴ベビー外来)は要療育対象児に対して診断・原因検索・療育までの架け橋として様々な工夫がなされた外来である。

当科での NHS 後の流れは、受診日当日に ABR (click, tone burst)、中耳所見、サイトメガロウイルス(PCR)の精査を行い、1) 正常群、2) 経過観察群、3) 要療育対象群へ分類し、その後のフォローを開始する。1) は 1 歳半頃に再受診し、ことばの表出状況や聴力検査を施行し、進行性難聴の可能性を考慮し確認している。2) は 3~6 ヶ月後のフォローとし定期的に聴力検査を施行する。3) は月に一回の専門外来(難聴ベビー外来)の受診とし、合計 12 回参加としている(現在は 20~25 人)。外来では、聴力経過のみならず、発達評価、合併症の精査、難聴精査(CT、MRI、コネキシン 26 遺伝検査)を施行している。その要療育対象群については、適宜スタッフミーティングを開き、医師、言語聴覚師、看護師、社会福祉士、音楽療法士などと情報を共有しており、精神的に不安定な親には地域保健師へ連携をとり適宜サポートを行っている。また、当院では、24 時間電話相談として、看護師が不安を抱える親に対しての電話対応を行っている。難聴ベビー外来通院中に連携している通園施設・聾学校の見学を数ヶ所行くよう勧め、遅くとも 1 歳までに通園先を決定するような流れを設けている。通園施設・聾学校とのミーティングもそれとは別に適宜おこなっており、共通の情報を共有し問題点などを積極的に話し合っている。

専門外来の一日のおおまかな流れはスタッフミーティングで全員の情報共有後、診察、聴力検査、音楽療法、親への講義となっている。親への講義は、耳鼻科医師、言語聴覚師、音楽療法士、小児神経科医師、聾学校教諭、社会福祉士、など様々なテーマについて拝聴できるようにアレンジしている。聾の親が講義に参加する場合は、手話通訳者も準備し、またその講義の間子供たちはボランティアが面倒をみるような配慮も心がけている。あくまでも病院内での専門外来の一環であるため療育までは行うことができず限界があるが、様々な職種のサポート、チーム医療によって成り立っている。

このような医療機関内での療育前準備期間をもうけることで、難聴に対する受け入れ、将来へつなげる療育への興味の持ち方は大きく影響するものと考えられる。病院機関内での試みの一つのモデルであるが、今後医療水準の格差も徐々に緩和されることを期待している。

## E. 考察・まとめ

本邦への NHS の導入後 10 年以上経過し、更なる改善と進歩が必要な時期に直面している。重要なことは、難聴児の発見だけでなく、その後のフォローシステムの確立であり、本来であれば地域差があってはならないことである。そのようなしっかりとしたハード面を確立し、その後原因検索などを積極的にこなうことが重要と考えられる。NHS での難聴発見時期の子供にとって、一番重要なのは、正しい親子関係の構築であり、その後の療育先を見極めることを平行して行うことである。医療者側は将来親が決定することとなるコミュニケーションツールの選択につなげられるような情報提供に心がける必要があると考える。コミュニケーションツールの一つとしてある「人工内耳」はその先の治療として位置づけられるものであるため、より充実した病院側の体制も求められる。

## F. 健康危険情報

特になし

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

投稿中

### 2. 学会発表

(国内学会)

安達のどか、浅沼聡、坂田英明、加我君孝：

NHS 後に AN ( Auditory Nerve Disease/Auditory Neuropathy) と診断し発達とともに聴覚言語の改善した幼児例. 第 112 回日本耳鼻咽喉科学会 2011 年 5 月 19-21 日, 京都

安達のどか、今井直子、浅沼聡、小熊栄二、

坂田英明、山岨達也、加我君孝：先天性難聴の原因検索と重複例の解析. 第 6 回日本小児耳鼻咽喉科学会 2011 年 6 月 16-17 日, 埼玉

## H. 知的所有権の出願・登録状況 (予定を含む)

### 1. 特許取得

なし

### 2. 実用新案登録

なし

### 3. その他

なし

厚生労働科学研究費補助金（障害者対策総合研究事業（感覚器障害分野））  
分担研究報告書

日本におけるハイブリッド型人工内耳の適応基準の提唱および蝸牛を保護する  
電極・術式・薬剤の開発に関する研究

研究分担者：鈴木光也 東邦大学医学部耳鼻咽喉科 教授

## 研究要旨

後ろ向き研究で高音急墜型感音難聴における日本語の語音の判別の解析と動物を用いた鼓室階外側壁への開窓に伴う聴力への影響を検討した。母音、子音の判別には1000Hzの保存が重要であった。鼓室階外側壁の開窓はABR 閾値に影響を与えなかった。

### A. 研究目的

1. 後ろ向き研究で高音急墜型感音難聴における日本語の語音の判別の解析
2. 鼓室階外側壁に開窓に伴う聴力への影響

### B. 研究方法

1. 東邦大学佐倉病院耳鼻咽喉科で純音聴力検査を施行した9600例の中から1000Hzから8000Hzの聴力レベルが70dB 以上の症例を抽出し東京大学耳鼻科へデータを送付
2. モルモットの鼓室階外側に小孔をあけ手術前後のABR 閾値を比較  
(倫理面への配慮)

データは過去に臨床診療において適応に沿って行われた検査からの収集されたものであり、動物実験に関しては東京大学動物実験実施マニュアルを遵守して行っている。

### C. 研究結果

1. 1000Hzが保たれていれば母音の判別は良好であり、子音についても半数程度は判別可能であった。
2. 鼓室階外側壁に開窓することによる明らか聴力変動はモルモットにおいては認められなかった。

### D. 考察

高音急墜型感音難聴における日本語の語音の判別では、1000Hzが保たれていれば母音の判別は良好であり、子音についても半数程度は判別可能であった。日本語を対象としたこのような詳細な解析はこれまでわずかになされたのみであり、日本語使用におけるEASの適応基準の設定において貴重なデータといえる。モルモットの鼓室階外側壁に開窓はABRに影響を与えなかった。このことは人工内耳挿入後の聴力保存の検討に関する研究の手術方法として妥当性を示唆している。今後は動物用人工内耳電極を挿入し、聴力保存に対する影響を検討する。

### E. 結論

1000Hzの残存聴力の有無が母音、子音の判別に

は重要であった。動物実験において鼓室階外側壁への開窓はABR閾値に影響しなかった。

### F. 健康危険情報

なし

### G. 研究発表

1. 論文発表

Suzuki M, Iwamura H, Kashio A, Sakamoto T, Yamasoba T. Short-term functional and morphological changes in guinea pig cochlea following intratympanic application of Burow's solution. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 121:67-72. 2012

Suzuki M, Goto T, Kashio A, Yasui T, Sakamoto T, Ito K, Yamasoba T. Preservation of vestibular function after scala vestibuli cochlear implantation. *Auris Nasus Larynx*. 38:638-42, 2011

2. 学会発表

Suzuki M, Sakamoto T, Kashio A, Ikemiyagi Y, Yamasoba T: Age-Related Changes in Basement Membrane Anionic Sites in the Cochlea. 35<sup>th</sup> AR O Mid-Winter meeting (USA), February 25-29, 2012

### Ⅲ. 知的所有権の出願・取得状況（予定を含む。）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

厚生労働科学研究費補助金（障害者対策総合研究事業（感覚器障害分野））  
分担研究報告書

高分子ポリマー（MPCポリマー）塗布による人工内耳の感染防止に関する研究

研究分担者： 柿木章伸 東京大学医学部耳鼻咽喉科 講師  
近藤健二 東京大学医学部耳鼻咽喉科 講師

### 研究要旨

人工内耳手術の合併症であるレシーバー周囲の感染を防止するため、レシーバー表面の新しいコーティングの開発に着手した。現在人工内耳に MPC ポリマーを塗布する作業が終了し、電極の特性に変化がないかどうかを確認中である。今後動物実験で電極周囲の免疫応答、炎症性変化、感染を抑えられるかを検討する予定である。

#### A. 研究目的

人工内耳埋め込み患者の数%にレシーバー周囲の感染が起こることが報告されており、抗生物質投与で制御できない場合は一時的に人工内耳の抜去が必要となることもある。再手術そのものが患者の肉体負担になる上に、特に年少児にとっては感染が制御されるまでの一定期間人工内耳が使用できないことにより言語発達が妨げられることが大きな問題となる。感染が生じる原因として、人工臓器である人工内耳の生体適合性（機器の表面と埋め込み部の軟部組織との適合）が完全ではないことが挙げられる。このため症例によってはレシーバーを異物と認識した生体の免疫系が種々の反応を起こし、結果として炎症の持続や慢性的な細菌感染の原因となる。そこで本研究では感染を防止するための新しいコーティング方法について検討することを目的とした。

#### B. 研究方法

東京大学マテリアル工学専攻/バイオエンジニアリング専攻との共同研究でより感染の起こりにくい人工内耳の表面コーティングの開発に着手した。コーティング剤としてはメタクリロイロキシエチル・ホスホリルコリン（MPC）という、血管内皮細胞の膜構造（リン脂質膜）に似た物質を用いた。本素材は動物実験で血栓症や感染などの抑止効果があることが示され、すでに製造承認可された埋め込み型補助人工心臓「EVAHEART」のコーティング剤として用いられている。

#### C. 研究結果

現在ヒトに使用するものと同様の人工内耳に MPCポリマーを塗布する作業が終了し、電極の特性に変化がないかどうかを製造元であるコクレア社で確認中である。また同時に動物用の電極に

MPCポリマーを塗布中であり、これをモルモットの内耳に挿入しコーティングで電極周囲の免疫応答、炎症性変化、感染を抑えられるか否かの実験を近日中に開始する予定である。

#### D. E 考察・結論

MPC ポリマーはすでに製造承認認可された人工心臓のコーティング剤として使用実績のある材料であり、これを用いることでレシーバー表面の組織適合性が改善し、感染を防止できることが期待される。

#### F. 健康危険情報

なし

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

Mullen LM, Pak KK, Chavez E, Kondo K, Brand Y, Ryan AF: Ras/p38 and PI3K/Akt but not Mek/Erk signaling mediate BDNF-induced neurite formation on neonatal cochlear spiral ganglion explants. *Brain Res* 1430: 25-34, 2012

##### 2. 学会発表

なし

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

##### 1. 特許取得

なし

##### 2. 実用新案登録

なし

##### 3. その他

なし

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
土井勝美	メニエール病の手術治療とその効果	内藤泰	耳鼻咽喉科日常診療スーパーガイド [めまいを見分ける・治療する]	中山書店	東京	2011	印刷中
熊川孝三 (分担執筆)	X 聴覚障害学 3人工内耳	廣瀬肇 監修 小松崎 篤ら編	言語聴覚士テキスト	医師薬出版株式会社	東京	2011	324-331
坂田英明	新生児聴覚スクリーニング	日本小児科学会、日本集に保健協会、日本小児科医会、日本小児科連絡協議会ワーキンググループ	子育て支援ハンドブック	日本小児医事出版社	東京	2011	50-53
坂田英明	新生児聴覚スクリーニング	日本小児科学会、日本集に保健協会、日本小児科医会、日本小児科連絡協議会ワーキンググループ	子育て支援ハンドブック チェック版	日本小児医事出版社	東京	2011	14-15
坂田英明	小児の補聴器装用とフィッティング	大関武彦 古川漸 横田俊一郎 水口 雅	今日の小児治療指針	医学書院	東京	2012	839-841

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
Kashio A, Sakamoto T, <u>Kakigi A</u> , Suzuki M, Suzukiwa K, <u>Kondo K</u> , Sato Y, Asoh S, Ohta S, <u>Yamasoba T</u>	Topical application of anti-apoptotic TAT-FNK protein prevents aminoglycoside-induced ototoxicity	Gene Therapy		in press	
Baba M, Matsumoto Y, Kashio A, Cabral H, Nishiyama N, Kataoka K, <u>Yamasoba T</u>	Micellization of cisplatin (NC-6004) reduces its ototoxicity in guinea pigs.	J Control Release	Epub ahead of print		



発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
Nomoto T, Matsu moto Y, Miyata K, Oba M, Fukus hima S, Nishiyam a N, <u>Yamasoba</u> T, Kataoka K	In situ quantitative mon itoring of polyplexes an d polyplex micelles in t he blood circulation usi ng intravital real-time c onfocal laser scanning microscopy.	J Control Rele ase	151	104-9	2011
<u>Suzuki M</u> , Goto T, Kashio A, Yas ui T, Sakamoto T, <u>Ito K</u> , <u>Yamaso</u> <u>ba T</u>	Preservation of vestibul ar function after scala vestibuli cochlear impla ntation.	Auris Nasus L arynx	38	638-42	2011
Lin Y, Kashio A, Sakamoto T, Suz ukawa K, <u>Kakigi</u> A, <u>Yamasoba T</u>	Hydrogen in drinking w ater attenuates noise-ind uced hearing loss in gu inea pigs. Neurosci Lett	Neurosci Lett	487	12-6	2011
Terao K, Cureogl u S, Schachern P A, Morita N, No miya S, Deroee AF, <u>Doi K</u> , Mori K, Murata K, Pa parella MM	Cochlear changes in pre sbycusis with tinnitus	Am J Otolary ngol	32	215-220	2011
Mullen LM, Pak KK, Chavez E, <u>K</u> <u>ondo K</u> , Brand Y, Ryan AF.	Ras/p38 and PI3K/Akt but not Mek/Erk signali ng mediate BDNF-indu ced neurite formation o n neonatal cochlear spir al ganglion explants.	Brain Res	1430	25-34	2012
<u>山嵜達也</u>	乳幼児難聴の聴覚医学 的問題点「治療におけ る問題点」	Audiology Jap an	54	649-664	2011
<u>山嵜達也</u>	ミトコンドリア遺伝子 異常と内耳障害	耳鼻咽喉科臨 床	104	533-540	2011
<u>土井勝美</u>	私の処方箋：良性発作 性頭位めまい症	JOHNS	27	1328-30	2011
<u>土井勝美</u>	急性感音難聴の最新 治療戦略	JOHNS	2011 印刷中		
<u>土井勝美</u>	反復するめまいへの 対応：メニエール病	ENTONI	136	1-7	2011
<u>土井勝美</u>	突発性難聴とめまい	Clinical Neuroscience	2011 印刷中		

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
K Terao, S Cureoglu, PA Schachern, MM Paparella, N Morita, S Nomiya, T Inagaki, K Mori, K Murata	Pathologic correlations of otologic symptoms in acute lymphocytic leukemia.	Am J Otolaryngol-HNS	32	13-18	2011
K Terao, S Cureoglu, PA Schachern, MM Paparella, N Morita, T Sata, K Mori, K Murata, K Doi	Marrow-Middle ear connections: a potential cause of otogenic meningitis.	Otol Neurotol	32	77-80	2011
岩崎聡、吉村豪 兼、武市紀人、佐藤宏昭、石川浩太郎、加我君孝、熊川孝三、古屋信彦、池園哲郎、中西啓、内藤泰、福島邦博、東野哲也、君付隆、西尾信哉、工穰、宇佐美真一	Usher症候群の臨床的タイプ分類の問題点と課題	日本耳鼻咽喉科学会会報	in print		
射場恵、熊谷文愛、熊川孝三、鈴木久美子、武田英彦	語音聴取評価検査「CI-2004(試案)」を用いた人工内耳装用者の聴取能	Audiology Japan	54	277-284	2011
加藤央、大多和優里、武田英彦、熊川孝三	神経線維腫症第2型における人工内耳と聴性脳幹インプラント治療の比較	Otol Japan	21	244-249	2011
福島邦博、假谷伸、長安吏江、福田諭、小林俊光、喜多村健、熊川孝三、宇佐美真一、岩崎聡、土井勝美、暁清文、東野哲也、西崎和則	本邦における埋め込み型骨導補聴器(Bone-Anchored Hearing Aid: BAHA)の有効性に関する検討	日本耳鼻咽喉科学会会報	114	761-767	2011
熊川孝三	特集 最新技術—補聴器と人工内耳・人工中耳	耳鼻咽喉科・頭頸部外科	83	384-390	2011
熊川孝三	小児人工内耳—最近の動向	総合臨床	60	2149-2150	2011
熊川孝三、武田英彦	高音急墜型難聴フィルタを介した日本語と英語文の聴取成績の比較	耳鼻臨床	補132	in print	2012

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
<u>熊川孝三</u>	高度難聴に対する人工聴覚臓器	人工臓器	40 (3)	189-193	2011
田中学、 <u>安達のだか</u> 、 <u>浅沼聡</u> 、 <u>坂田英明</u>	両側性高度感音難聴を伴った広汎性発達障害児の特徴	小児耳鼻咽喉科	32 (1)	91-95	2011
横田進、榎本英雄、 <u>安達のだか</u> 、 <u>浅沼聡</u> 、 <u>坂田英明</u>	ASSR検査における入眠導入時間と検査時間の検討	小児耳鼻咽喉科	32 (1)	64-69	2011
富澤晃文、 <u>坂田英明</u>	インサートイヤホンによるSPLフィッティングのためのデシベル換算手順	Audiology Japan	54	123-129	2011
<u>坂田英明</u> 、 <u>富澤晃文</u>	耳の聞こえとことば	母子保健	625	8-9	2011
<u>Suzuki M</u> , <u>Iwamura H</u> , <u>Kashio A</u> , <u>Sakamoto T</u> , <u>Yamasoba T</u>	Short-term functional and morphological changes in guinea pig cochlea following intratympanic application of Burow's solution	Ann Otol. Rhinol. Laryngol	121	67-72	2012
<u>Akinori Kashio</u> , <u>Ken Ito</u> , <u>Akinobu Kakigi</u> , <u>Shotaro Karino</u> , <u>Shin-ichi Iwasaki</u> , <u>Takashi Sakamoto</u> , <u>Takuya Yasui</u> , <u>Mitsuya Suzuki</u> , <u>Tatsuya Yamasoba</u>	Carhart notch 2-kHz bone conduction threshold dip - a nondefinitive predictor of stapes fixation in conductive hearing loss with normal tympanic membrane	Arch Otolaryngol Head Neck Surg	137(3)	236-240	2011

# X

## 聴覚障害学

### 3 人工内耳

#### 1 はじめに

人工内耳とは高度の感音難聴者の聴覚を取り戻す人工聴覚臓器のインプラント治療である。ここではその基本的な知識を述べる。

#### 2 人工内耳の原理、構造と機能

##### 1 補聴器と人工内耳の違い

図1のように補聴器の場合には、外耳・中耳で増幅された音響信号が内耳の有毛細胞で電流に変換されて蝸牛神経に伝えられる。一方、人工内耳では、基本的に内耳のコルチ器の有毛細胞が障害されているので、外耳・中耳・内耳をバイパスして、蝸牛内に挿入された電極により蝸牛神経を直接に電気刺激して音知覚を得る。すなわち、障害されたコルチ器に代わる機能をもつ。

##### 2 構造と機能

###### (1) 体外装置 (図2)

音は耳介に掛けられた体外装置に内蔵されたマイクロホン①で拾われ、この電気信号がスピーチプロセッサ②に送られる。これには電池とコンピュータが内蔵されており、音声信号処理が瞬時に行われる。音声信号は各種の音声信号処理方法、すなわちコード化法に従って電気信号に変換され、送信コイル③に送られる。

###### (2) 体内インプラント電極 (図2, 図3)

頭皮下に埋め込まれた受信コイル④と受信-刺激装置⑤、およびそこから出て側頭骨内部の乳突洞を経て蝸牛内に埋め込まれる電極⑥から成る。送信コイルと受信コイルはともに中心に磁石があり、これらが頭皮を隔てて磁力で張り付く。信号は電磁誘導によって受信コイルに伝えられる。磁界内に置かれた受信コイルには磁界の変化に伴って電流が発生し、これが⑤に伝えられる。

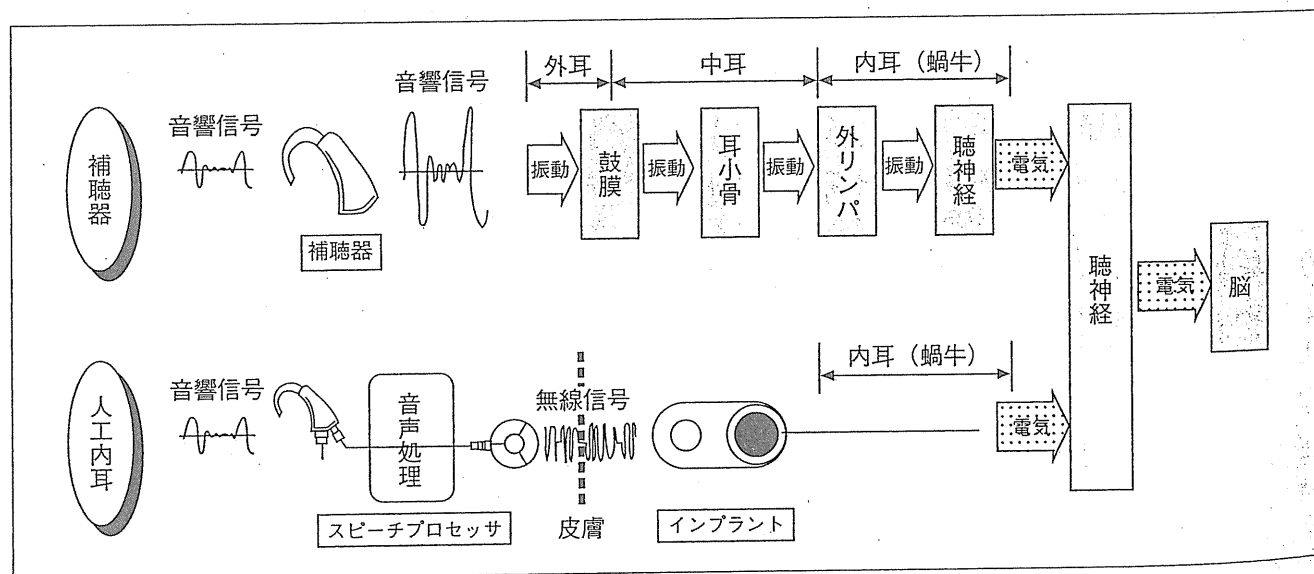


図1 補聴器と人工内耳の違い<sup>1)</sup>

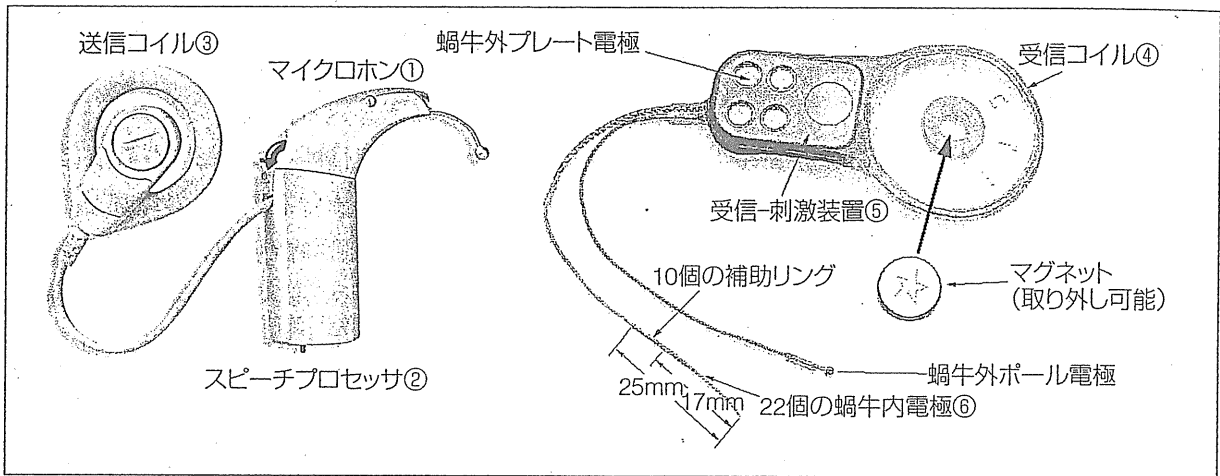


図2 人工内耳の構成

左：体外装置，右：体内インプラント電極

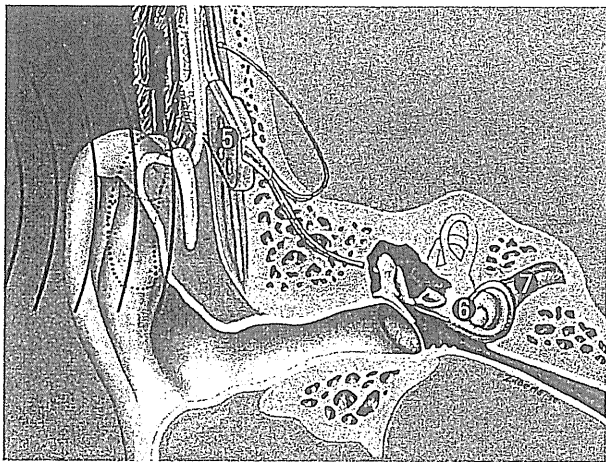


図3 人工内耳のしくみ

そして音声信号に従って各電極に電流が流れ、蝸牛の内側にある蝸牛神経⑦を刺激し、これが脳の聴覚中枢で音として知覚される。体内電極には電池が不要であるので、故障しない限り取り替える必要はない。体外装置を外せば洗髪や水泳も可能である。

### (3) 機能

蝸牛と同様に、電極は基部から先端に向かって、

高音から低音に向かう周波数の配列があり、複数の電極を同時に刺激することで、蝸牛機能を模倣する。内耳の骨壁の存在が電極と蝸牛神経の接合を容易にしており、この点が人工網膜に比べて臨床的に早期に成功した理由である。

### (4) 現在の人工機種

2010年1月現在、わが国ではコクレア社（オーストラリア）、メドエル社（オーストリア）、バイオニクス社（米国）の3社の人工内耳が認可されている。機種によってチャンネル数、コード化法、刺激頻度などの仕様が異なる（表1）。

### (5) 電極の刺激方法

電極の刺激方法には、隣り合う蝸牛内電極間で刺激する双極刺激 bipolar stimulation と蝸牛内電極と蝸牛外に設置された不活電極の間で電流の刺激回路が形成される単極刺激 monopolar stimulation（図4）がある。現在は3社の機種とも低電流刺激と処理速度の速さという利点を有する単極刺激法を用いている。

表1 各社の人工内耳の仕様

	チャンネル数	音声処理方式	電極の刺激方法	総刺激頻度 (/pps)	他覚的音知覚検査	トラブル診断
コクレア社	22	SPEAK ACE CIS	周波数情報重視 時間差ある連続刺激	最大 35,000 (250 ~ 3,500)	NRT	液晶
メドエル社	12	HDCIS FSP	時間分解能重視 複数電極同時刺激	最大 50,700 (4,225)	ART	LED
バイオニクス社	16	Hires	時間分解能重視 複数電極同時刺激	最大 82,496 (5,156)	NRI	LED

### 3 コード化法

入力された音情報を電気信号に変換する方式をコード化法と呼ぶ。コード化信号の原則として、音の高さ、強さ、音色の3つの音響パラメータがあるが、これらはそれぞれ、音の高さは刺激する場所（チャンネル）、強さは電荷量（電流の大きさ×時間）、そして音色は複数チャンネルの選択で電気パラメータへの変換がなされる。

コード化法には基本的に2つの処理方式がある。

#### 1 時間分解能重視型

CIS法（continuous interleaved sampler）は音声信号をいくつかの帯域フィルタで分離し、それぞれを矩形波に変換した後、高速に電極を発火させる。電極数は少ないが、刺激頻度が多く、音声波形を細かく再現できる。

FSP法（fine structure processing）は、後述する補聴器と人工内耳の併用が成功した結果から生

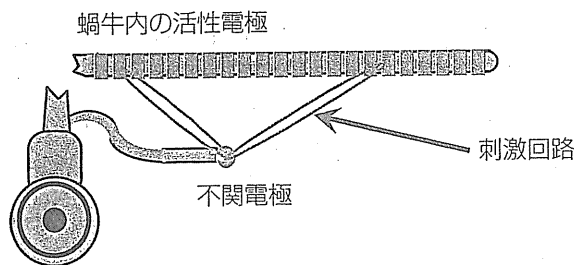


図4 単極刺激（モノポーラモード）のしくみ

まれた考え方である。すなわち低い周波数から3～5つまでのチャンネルに位相固定した低音域の音声信号を与え、残る高い周波数のチャンネルに音声信号の包絡線情報を入力する。これによって、低音域でのピッチ感覚、話し手の性別、音楽知覚、イントネーションなどの識別能力向上を図っている。

#### 2 周波数情報重視型

ACE法（advanced combination encoders）は、蝸牛の場所・ピッチ理論に従って基底部電極は高音を、頂回転側電極は低音を選択的に受け持つ。音声信号スペクトログラムのエネルギーのピークに対応して、電極数が決定され、周波数情報を細かく伝える。刺激頻度は■に比べて低い。

### 4 わが国における人工内耳の現況

わが国では1985年にコクレア社製22チャンネル人工内耳の第1例目の治療が行われた。その後、1994年4月から保険適用が認められた。以後、患者の経済的負担は大幅に軽減され、年間の手術件数は急速に増加し、最近では年間に約500例の手術が行われ、2008年12月までに手術総数は5,500例に達した（図5）。最近では小児の占める率が増加し、2008年には約50%が小児例であった。

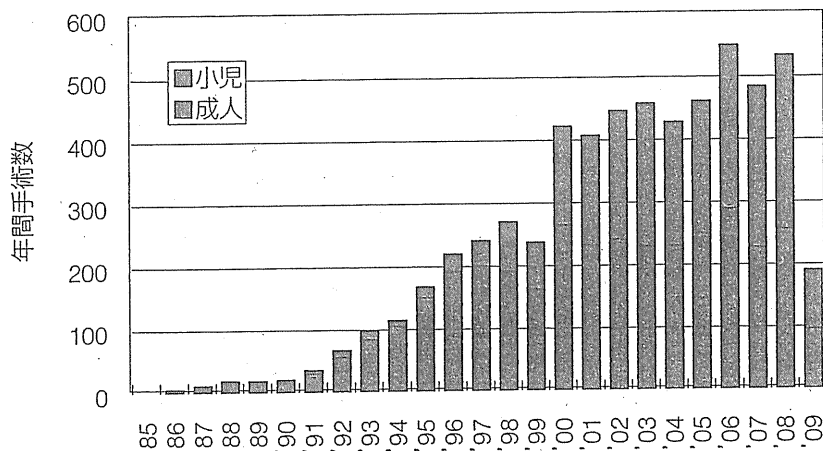


図5 日本における年間手術数

## 5 わが国の適応基準

2006年に日本耳鼻咽喉科学会の委員会で改定された適応基準<sup>2)</sup>を表2に示す。要点は、小児・成人とも平均聴力レベルが両側90dB以上の高度の感音難聴で、補聴器の効果が乏しい聴覚障害3級以上の高度難聴者であることである。しかし90dB以上でも補聴器が有効である例は多く、補聴器装用効果も重要である。

ちなみに、米国では平均聴力レベルが両側70dB以上であり、補聴器装用による文章テストを用いて、装用予定耳で50%以下、対側耳で60%

以下である場合に人工内耳の適応ありとしている。

## 6 対象疾患

成人例での適応疾患としては、多い順に進行性感音難聴、中耳炎に伴う細菌性内耳炎、薬剤性難聴（アミノ配糖体抗生剤によって難聴をきたすミトコンドリア1555変異も含む）、突発性難聴、髄膜炎に伴う内耳炎、先天性難聴での悪化例、頭部外傷による内耳の骨折や出血、蝸牛性耳硬化症、ファンデルヘーベ（van der Hoeve）症候群、メニエール（Meniere）病、ムンプス、ミトコンドリア3243変異によるMELAS（mitochondrial

表2 人工内耳の適応基準（日本耳鼻咽喉科学会 2006年）

### I. 小児例

#### 1. 手術年齢

- A) 適応年齢は原則1歳6カ月以上とする。年齢の上限は定めず、上記適応条件を満たした上で、症例によって適切な手術時期を決定する。
- B) 髄膜炎後蝸牛閉塞など、1歳6カ月未満での手術を要する場合がある。
- C) 言語習得期以後の失聴例では、補聴器の効果が十分でない高度難聴であることが確認された後には、獲得した言語を保持し失わないために早期に人工内耳を検討することが望ましい。

#### 2. 聴力、補聴効果と療育

- A) 種々の聴力検査を用いても両耳とも平均聴力レベル90dB以上である場合。
- B) 少なくとも6カ月以上にわたる最適な補聴と療育によっても両耳とも平均補聴レベルが話声レベル（その目安は55dB程度）を超えず、補聴器のみでは音声言語の獲得が不十分と予想される場合。

#### 3. 禁忌 中耳炎などの感染症の活動期

#### 4. 慎重な適応判断が必要なもの

- A) 画像診断で蝸牛に人工内耳が挿入できる部位が確認できない場合。
- B) 反復性の急性中耳炎が存在する場合。
- C) 制御困難な髄液の噴出が見込まれる場合など、高度な内耳奇形を伴う場合。
- D) 重複障害および中枢性聴覚障害では慎重な判断が求められ、人工内耳による聴覚補償が有効であると予測がなければならぬ。

### II. 成人例

#### 1. 年齢 18歳以上とする。

#### 2. 聴力および補聴器の装用効果

純音聴力は両側とも90dB以上の高度難聴者で、かつ補聴器の装用効果の少ないもの。補聴器の装用効果の判定にあたっては、通常の人工内耳装用者の語音弁別成績を参考にして慎重に判定することが望ましい。

#### 3. 禁忌

画像（CT・MRI）で蝸牛に人工内耳が挿入できるスペースが確認できない場合。ただし奇形や骨化は必ずしも禁忌とならない。そのほか、活動性の中耳炎、重度の精神障害、聴覚中枢の障害など。その他重篤な合併症など。

#### 4. 本人の意欲と周囲の支援態勢

本人および家族の意欲と理解が必要。

表3 人工内耳埋め込み術のための術前検査 (成人)

1. 病歴, 家庭関係, 社会的環境の聴取
2. 聴覚検査
  - ① 純音聴力検査
  - ② 補聴器装用下の語音聴力検査, 読話能検査
3. 平衡機能検査, 前庭機能検査
4. プロモントリーテスト (promontory test)
5. 画像検査
  - ① 側頭骨 CT スキャン
  - ② MRI (CISS 法による内耳道内の神経の確認, 内耳の 3DMRI)

myopathy, encephalopathy, lactic acidosis, stroke-like episodes) 症候群, 内耳梅毒, 大動脈炎症候群を含むコーガン (Cogan) 症候群であった。

小児では, *GJB2* (コネキシン 26) 遺伝子変異, *SLC26A4* (*PDS*) 遺伝子変異による前庭水管拡大症, 内耳奇形, サイトメガロウイルス性内耳炎, 原因不明などである。最近の遺伝学的検査方法の進歩により, これまで原因が不明であった難聴の 40 ~ 50% が遺伝子が原因であることが判明した。

人工内耳の適応となる両側 90 dB 以上の聴覚障害者は約 14 万人で, これは人口の 0.1% に相当し, 1,000 人に 1 人の対象者がいることになる。

## 7 適応決定のための検査

表3に成人の術前検査の項目をかかげた。画像診断では, 蝸牛が骨化あるいは閉塞していないことを CT, MRI 検査で確認しておく<sup>3)</sup>。プロモントリーテストとは, 細い針電極を鼓膜を通して蝸牛の骨壁 (岬角, プロモントリー) にあてて, 電気刺激を与えて音感が得られるかどうかを調べる検査である。音感が得られれば蝸牛神経の機能が保存されていると判断できる。

小児では以下の検査が必要である。

### 1 聴性行動反応観察検査 BOA, COR

板倉ら<sup>4)</sup>によればこれらの検査を用いた場合, 3回の施行で安定した結果が得られるのは満3歳であり, それまでは閾値を正確に測定するのは難しいという。さらに左右別の閾値の推定が困難で

あり, 重複障害児では評価が難しいという限界もある。

### 2 電気生理学的聴覚検査

聴性脳幹反応検査 ABR (auditory brainstem response) には高音域のクリック音を使うために低音域の聴力が反映されず, 補聴器の装用効果を予想しがたい。蝸電図検査, 聴性定常反応検査 ASSR (auditory steady state response) は ABR の短所を補い, 低音域の閾値推定をより確実にし, 左右別の聴力を知ることができ, さらに補聴器の有効性あるいは人工内耳適応の可能性を予測できる乳幼児の他覚的検査であり, 新生児スクリーニング後の精密検査としてもきわめて有効である<sup>5)</sup>。

電気刺激による ABR は auditory neuropathy, 高度内耳奇形, 内耳道狭窄に伴う聴神経の形成不全などの場合には人工内耳の効果を予測するうえで重要である<sup>6)</sup>。

### 3 補聴器の装用効果の判定

言語発達前までの段階では田中による聴覚発達の観察チェックリスト, IT-MAIS (Infant-Toddler meaningful auditory integration scale), MUSS (meaningful use of speech scale) 発話行動評価などにそって少なくとも6カ月間は経時的に評価する。聴能の発達が停滞していると考えられる場合に人工内耳の適応となる。

直接的に判定する方法としては, Ling 6音 (/a, i, u, s, sh, m/) が聞こえているかどうかのチェックを行う。子音が聞こえていない場合には, サ行の聴取は期待しがたい。

また, 日常会話音声範囲内 (いわゆるスピーチバナナ) の 55 dB 以内に装用閾値が入ることが望ましい。

幼児ではことばの遅れが聴覚以外の原因に起因する場合も多く, 精神発達および言語能力検査聴覚検査として津守稲毛式精神発達質問紙, 新版 K 式発達検査などが使用される。



## 8 手術と合併症

### 1 手術

骨迷路は生下時から成人のそれと同じ大きさと形態を有しており、一生を通じてほとんど変わらない。しかし乳突洞は生後5歳頃までに急速に発達し、その後も大きくなり、15歳から16歳で成人の大きさに達する。したがって、これらを考慮した成人と異なる手術手技が必要である<sup>7)</sup>。

手術方法は、乳突洞削開を行う。顔面神経と外耳道の間をキヌタ骨窩底部から削開し、顔面神経窩を開放する。これによって中耳腔に入る。鼓室階を開窓し、ここから電極を挿入する。

自然抜去を予防するために、電極周囲に骨膜片を詰め込み、電極を固定する。閉創前に術中X線写真で電極挿入状態を確認する。

### 2 術後合併症の説明と同意

手術した場所の感染や出血、手術側舌の前2/3の味覚低下、めまい、耳鳴りを一時的に起こす可能性がありえる。また埋め込まれた電極が故障したときは機器の除去や、入替え手術をすることもありえる。また、顔面神経に触れない場合にも、ドリルの熱などによって予期せぬ一時的な麻痺が起こる可能性が1%程度ありうる。

骨粗鬆症を伴った中高年の女性や蝸牛周囲の骨吸収を伴う耳硬化症では、術後の顔面神経の電気刺激も成績を悪化させる要因になる。人工内耳埋め込み術に伴って、手術後に髄膜炎および電極の感染症が起こることがありえる。とくに術後髄膜炎は、過去の髄膜炎、頭部の外傷、内耳奇形があった場合には、とくに注意が必要である。

体外機器の故障の可能性、電気メスやMRI検査の禁忌（可能な電極もある）、頭部をぶつけるスポーツの制限などのデメリットについても説明と同意を得ておく。

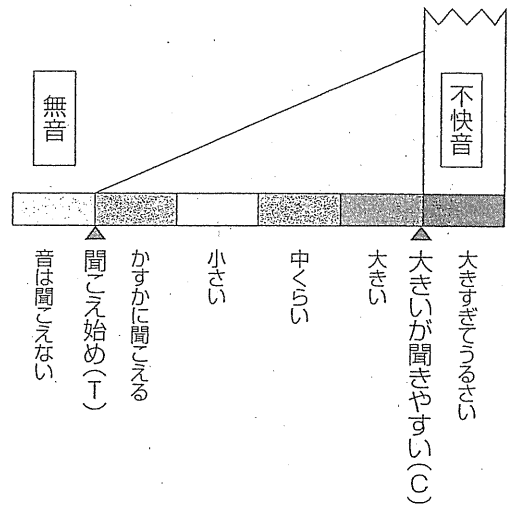


図6 マッピング用チャート

## 9 マッピングの注意点と環境整備

可能なら、マッピング前にインプラントテストやインピーダンステストを行ってインプラント機器の性能に問題がないことを確認しておく。

小児ではリラックスした状態で実施できるように、環境整備にも工夫が必要となる。椅子や机は児の年齢に即した形態を整え、訓練室内の配置も考慮する。児の注意が拡散しないよう、他の玩具は目に触れる場所には置かず、見学者がいる場合も視野に入れない、などの配慮が必要である。

実際のマッピングの手順は以下のとおりである。

1. 図6のようなチャートを提示して、電気量の増大に伴って起こる音量の自覚的感覚をチャート上で指さすことで、各電極ごとに聞こえ始めの最小可聴閾値Tレベルおよび大きいが聞きやすいという最大快適閾値Cレベルを決定する。
2. 周波数を各電極に割り振る。
3. 刺激モードの選択。
4. 音声処理方式の選択。

小児では過剰刺激などで一度不信感をもつと以後の人工内耳装用拒否につながることもあるので、段階的なCレベルの増大を行うことが重要である。

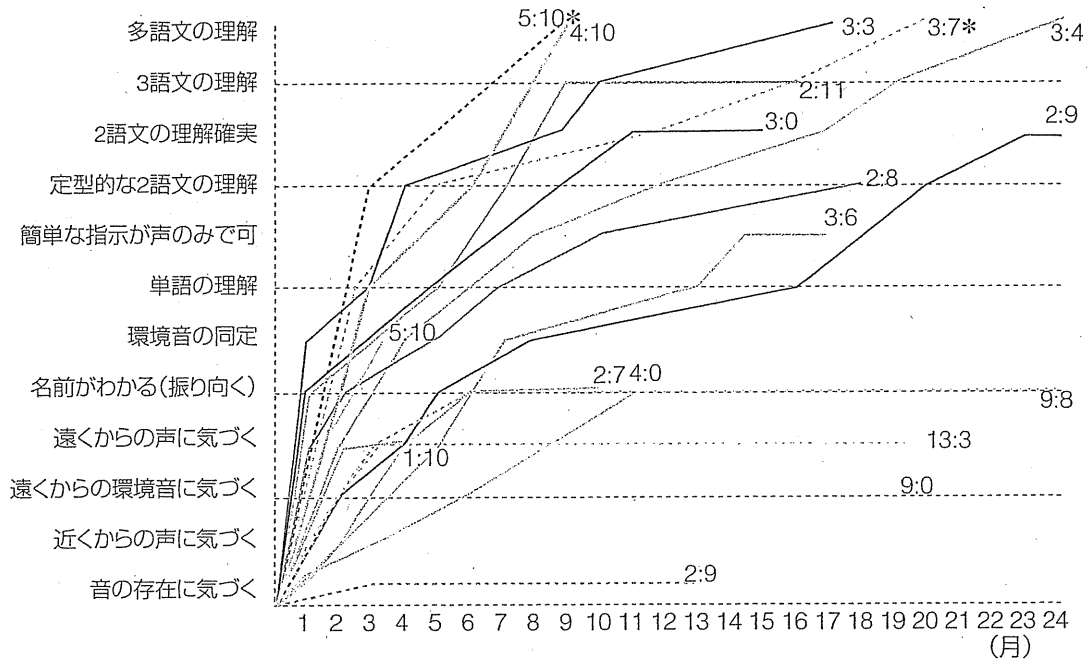


図7 小児人工内耳例の聴取能力の変化 (数字は最終年齢を示す)<sup>9)</sup>

表4 小児人工内耳術後の評価に用いられる主な検査 ( )は適応年齢を示す

<聴覚>

- ・MAIS (就学前後)
- ・IT-MAIS Infant-Toddler MAIS (乳幼児)
- ・語音聴取検査 CI-2004 (試案) (前言語期~成人)
- ・補聴器適合検査 TY-89 (幼児~成人)

<発達>

- ・遠城寺式発達心理検査 (0~6歳)
- ・津守式乳幼児精神発達質問紙 3段階 (0~12カ月)(1~3歳) (3~7歳)
- ・新版K式発達心理検査 (新~14歳)

<知能>

- ・WISC-III知能検査 (5~16歳)
- ・WPPSI知能検査法 (3歳10カ月~7歳1カ月)
- ・グッドイナフ人物画検査 (DAM) (3~9歳)

<言語>

- ・絵画語彙発達心理検査 (PVT) (3~10歳)
- ・国リハ式<S-S法>言語発達滞滯検査 (0~6歳)
- ・ITPA 言語学習能力診断検査 (3~9歳)
- ・教研式新読書力診断検査

<音声, 発声・発語>

- ・MUSS
- ・構音発達心理検査 (3歳~)

## 10 人工内耳装用効果の評価

### 1 成人

#### (1) 音場閾値での聴力検査

防音室内で被験者より1m離れた場所にスピーカーを設置し, 250~4,000 Hzまでの周波数ごとの閾値を測定する。通常, 最終的に30~40 dB内に入るようにマッピングを行う。

#### (2) 語音聴取能評価検査 (Cochlear implant 2004: CI-2004)

施設間での評価の差を是正し, 客観化による成績の比較を行う目的で, 2004年に作成され, CD化された。成人用と小児用の2部構成となっている。子音, 単音節, 単語, 文の聴取成績を個別に評価できる, 音韻的要素, 静寂時と雑音負荷時の評価が可能, 発達に依じての評価が可能, という特長がある。

成人の言語習得後失聴者では, この文章リストで検討すると, 人工内耳のみによる聞き取りでも平均で78%の正答率を示す<sup>8)</sup>。成績良好者では電話による聴取も可能になる。環境音の弁別は言語よりも容易であるが, 音楽の聞き取りについて

はまだ不十分である。

## 2 小児

人工内耳適応および手術前後の評価として表4のような検査が一般的に用いられている。初回マッピング後にマップの妥当性を評価するには、Ling 6音を用いると会話音域の音声入力について簡便に確認できる。図7に術後の小児の聴覚発達の例を示す<sup>9)</sup>。

## 3 他覚的検査

### (1) 神経反応テレメトリー (neural response telemetry : NRT)

人工内耳の電極からのラセン神経節の刺激で誘発される複合活動電位を別な電極で記録して表示する。電気信号のレベルとT/Cレベルの設定にあたっては、小児のマッピングなどに利用することもできる。

### (2) アブミ骨筋反射 (electrical stapedial reflex : ESR)

人工内耳の電気刺激で誘発されるアブミ骨筋反射を記録する。T/Cレベルの判定の資料になる。

(1)(2)はともにその閾値はほぼCレベルに相当するとされて、マッピングに利用される。

## 11 小児人工内耳治療における長期の注意点

耳の医学的管理と人工内耳のマッピングを含む聴覚補償と聴覚管理を病院が、日々の聴覚活用指導を療育・教育機関が分担するので、手術の決定前から療育・教育機関と連携を開始し、手術遂行の認識を共有するのが望ましい<sup>10)</sup>。また、教育機関で言語教育の継続的な支援が必要であるというアドバイスを養育者に行う。

難聴によるコミュニケーションを補うために母子間で自然発生的に出るジェスチャーやベビーサインは、親子関係や愛情の確立のためにも有用で

ある。高度な内耳奇形例、内耳の骨化による挿入不十分な挿入例、重複障害例などの例で、人工内耳による聴覚活用が不十分であると最終的に結論された場合には、これを補うための補助手段としての視覚言語の導入もためらってはならない。

そして、人工内耳装用児が社会人として必要十分な言語能力を獲得できることをハビリテーションと教育の最終目標とする。

## 12 おわりに

数年ごとにソフトとハードは進歩して、(リ)ハビリテーション内容はむしろ複雑多様化してきており、医師とSTによるチームアプローチが不可欠となってきている。

(熊川孝三)

### ◎文献

- 1) 梶 博幸：人工内耳。言語聴覚士のための言語聴覚障害学(喜多村 健編)，医歯薬出版，2002，p199。
- 2) 日本耳鼻咽喉科学会福祉医療・乳幼児委員会：小児人工内耳適応基準。日耳鼻，109：506～507，2006。
- 3) 熊川孝三：人工内耳患者の選択-高度難聴者の画像診断。CLIENT21 7巻 補聴器と人工内耳。中山書店，2001，pp235～240。
- 4) 板倉秀，浅野進，中川啓子：幼児聴力検査の信頼性と適応限界。Audiol Japan，18：183～188，1975。
- 5) 熊川孝三，鈴木久美子，武田英彦，他：短期入院による乳幼児の他覚的精密聴力検査—システムの紹介およびABR，蝸電図，聴性定常反応，EABRの検討—Audiol Japan，48：156～164，2005。
- 6) 熊川孝三：内耳奇形の聴覚検査所見。JOHNS，25：49～54，2009。
- 7) 熊川孝三：乳幼児の人工内耳の適応と手術。JOHNS，24：1428～1434，2008。
- 8) 射場恵，熊谷文愛，熊川孝三：語音聴取評価検査CI-2004(試案)を用いた成人人工内耳装用者の聴取能。Audiology Japan，49：665～666，2006。
- 9) 高木 明：第110回日耳鼻学術講演会 臨床セミナー「小児の人工内耳」より引用 2009。
- 10) 熊川孝三，射場恵，小山由美：耳鼻咽喉科・頭頸部外科のリハビリテーション。人工内耳—小児。耳鼻咽喉科・頭頸部外科，79：77～83，2007。

# 子育て支援 ハンドブック

編集／日本小児科学会・日本小児保健協会・日本小児科医会  
日本小児科連絡協議会ワーキンググループ

日本小児医事出版社