人工内耳症例の言語聴取能の長期経過

新谷 朋子・氷見 徹夫
吉岡 巖・形浦 昭克

Speech Perception in Patients with Nucleus Cochlear Implant

Tomoko Shintani, Tetsuo Himi, Iwao Yoshioka and Akikatsu Kataura
(Medical University School of Medicine)

The 22-channel cochlear implant was placed in 12 postlingual profoundly deaf patients since 1988. Psychological, physical, and speech functioning were investigated in 7 of the 12 patients, one year or more after surgery. The threshold level and maximum comfort level showed minimal changes even 4 years after first programming. The number of applicable electrodes (mean value, 17) was stable for over one year. Speech perception with and without lipreading was examined 3 months, 1 year and 4 years after first programming. Without lipreading, correct responses in the vowel test (mean, 67.1%) were better than in the consonant test (mean, 31.3%). Speech tracking scores with lipreading (18.5 phrases/min.) were considerably high for regular speech perception, and 3 of the 5 patients tested more than 4 years after surgery had excellent speech tracking scores (29 phrases/min.), which seemed to be very close to those with normal hearing. The other 2 patients did not use their cochlear implant systems much because of their limited social activity. It is concluded that the routine use of the implant system and/or adequate personal social activity are probably important factors in attaining acute speech perception.

Key words: cochlear implant, speech perception, postlingual deaf

はじめに

メルボルン大学の Clark らが開発した人工内耳は、聾・高度感音性難聴の患者に対して聴神経を直接刺激することによって音感覚を引き起こし聴力を回復させるもので世界的にはすでに広く応用されている人工臓器である¹⁾。日本では1985年に船坂²⁾が第1例目の人工内耳手術を施行以来、200名以上の難聴者が手術を受け、良好な聴取能が得られていることが報告されている。術後のリハビリテーションにより徐々に自然な聞こえに近づくことは、ヒトの高次言語

中枢の適応能力、優れた補綴能力によるものと考えられている³⁾⁴⁾。しかし、日本語を言語とする人工内耳の長期使用例はまだ9年程度と長期使用者の絶対数はまだ少ないという点、また現在人工内耳の埋め込み術が盛んに行われている現状を考えると長期装用による言語聴取能の向上を経時的に捉えることは今後のリハビリテーションプログラムを考える上で重要であると考えられる。このことより、今回われわれは当科の人工内耳症例の中でも比較的長期に装用している症例を選び、これらの症例の経時的な聴取

能変化について検討したので報告する.

対象および方法

1988年より1994年までに当科にて人工内耳手術(22チャンネル人工内耳, コクレア社)を受けた12症例のうち, 術後1年以上経過した7名の患者を対象とした(表1). 装用状況は表1に示した如く, 5例は日常的に使用し2例の使用頻度は他に比し低かった. 症例1~3, 6, 7は外出の機会が多いなど生活に積極性が見られ, 起床時から就眠まで, または就労期間中, 人工内耳を使用していた. 一方, 症例4, 5は術後1, 2年経過した頃より全く人工内耳を使用せず, リハビリテーション時に使用するのみであった.

検討した項目は以下のごとくである.

1. 使用電極数, Tレベル(最小可聴域値), Cレベル(最大快適域値), ダイナミックレンジの平均値, 聴取能に関しては母音・子音・文章の聴取能の変化を検討した. 評価時期は音入れ直後, 3カ月, 1年, 4年後とした.

2. 同一検者による肉声でのテストは, 母音; /i/, /e/, /a/, /o/, /u/ をランダムに6回ずつ提示し, 子音; /a/+/pa, ta, ka, ba, da, ga, za, ha, sa, ma, na, ra, ja, wa/ をランダムに4回ずつ提示しそれぞれの聴取能を評価した. 文章の聴取能評価は, 小学校高学年程度の文章を5分間読み, 正しく聞き取った文節数(/分)

につき評価した. 評価時期は同様に音入れ直後, 3カ月, 1年, 4年後とした.

3. 4年以上の長期使用例の3症例については, 国立身体障害者リハビリテーションセンター; 福田友美子氏制作のビデオを用いた聴取能の評価を, 単音(50語), 単語(50単語), さらに文章(基礎単語からなる2~6文節の文章)につき行った.

結 果

1. 現在の使用電極数, T, Cレベルおよびダイナミックレンジの平均は表2に示した. 電極の挿入は十分と考えられたが, 6名の患者では手術後1年で音が響くため正円窓側の電極が2~3本使用できず, 現在の使用電極数は平均17対であった. 経時的な閾値の変化は4年以上の長期使用例においても大きな変化はなく良好な電極の使用状況が見られた. 症例4, 5はダイナミックレンジが術直後より30デジタルユニット以下と狭く, 症例4では使用電極が15対と少なかった.

2. 経時的聴取能の変化

(1) 母音の聴取能: 人工内耳のみ(図1)では音入れ直後は平均43.4%であるが, 1年後は平均67.1%と聴取能が向上している. さらに4年経過した症例では平均82.0%であった. 人工内耳+読話では7名とも100%理解可能であった.

表1 対 象

患者	職業	年齢	失聴原因	失聴期間	手術日	装用期間	装用状況
症例1女		44	進行性感音性難聴	5年	88年4月	5年11カ月	毎日
症例2女		52	ストマイ使用	22年	88年12月	5年2カ月	毎日
症例3女		55	進行性感音性難聴	2年	89年1月	5年1カ月	毎日
症例4男		63	ストマイ使用	37年	89年11月	4年3カ月	ほとんど使用せず
症例5女		69	ストマイ使用	20年	89年12月	3年2カ月	ほとんど使用せず
症例6女		21	髄膜炎	13年	91年7月	2年7カ月	毎日
症例7男		61	髄膜炎	2年	92年7月	1年7カ月	毎日

(2) 子音の聴取能：人工内耳のみ(図2-a)では1年後では平均31.3%の聴取能であったが、4年を経過した症例では平均51.3%であった。人工内耳+読話(図2-b)では1年後では平均78.9%，4年後では平均94.0%の聴取能であった。

(3) 文章の聴取能(Speech Tracking test)：人工内耳のみ(図3-a)では1年後の聴取能が

5.9文節/分であるが、読話を併用(図3-b)では18.5文節/分であった。4年を経過した症例では平均29.0文節/分で、ほぼ健聴者と同程度(30~40文節/分)の聴取能であった。

3. ビデオを用いた聴取能の評価(表3)

単音節の検査では人工内耳のみでは4年後でも平均12.6%の聴取能であった。読話を併用すると平均44.7%であり、症例1では70%以上の

表2 現在の使用電極数，T，C レベルおよびダイナミックレンジの平均値

	使用機種	使用電極数 (対)	平均T-レベル (d.u.)	平均C-レベル (d.u.)	平均 ダイナミック レンジ (d.u.)
症例 1	MSP	17	95	157	62
症例 2	MSP	19	95	163	58
症例 3	MSP	17	62	124	63
症例 4	MSP	15	104	130	30
症例 5	WSP	20	139	161	20
症例 6	MSP	17	65	144	78
症例 7	MSP	18	89	173	84

d.u.；デジタルユニット

刺激モード;BP+1.
F0/F1/F2 strategy

図1 母音(人工内耳のみ)

音入れ直後は平均43.4%であるが1年後は67.1%で特に4年以上の症例では平均82.0%と向上が見られた。

聴取能を示したが、肉声による短音節に比し低値を示した。単語聴取能は人工内耳のみでは1年後では平均10.7%であるが、4年後ではその

平均32.3%であった。しかし、読話を併用にても1年後、4年後とも平均42.0%の聴取結果であり、著明な聴取能の向上は見られなかった。

図 2 (a)子音(人工内耳のみ)

1年後では平均31.3%であったが4年後では平均51.3%であった。

(b)子音(人工内耳+読話)

1年後では平均78.9%, 4年後では94.0%の聴取能であった。

図 3 (a)文章の聴取能(人工内耳のみ)

実線；日常装用者，点線；非日常装用者で示したが，日常装用者では経過とともに聴取能の向上が見られた。

(b)文章の聴取能(人工内耳+読話)

4年以上経過した日常装用者では健聴者と同程度の聴取能が得られていた。

また、文章による検査では、人工内耳のみでは1年後に比し4年後には全例に聴取能の向上が見られ(平均24.3%), 読話併用では4年後では平均58.6%の理解が可能であったが、人工内耳のみの検査ほどの向上は見られなかった。

考 察

人工内耳は生涯装用する症例がほとんどと考えられる。この意味では人工内耳手術直後に発生する問題から、長期装用にともない発生する問題点に的確に対処していくことが必要となる。初期の問題としては、電極の挿入不可、術後のめまい、コイル部の不快感、耳鳴、耳漏、顔面痙攣、電極の位置の移動などが本邦でも報告されている^{5)~7)}。さらに長期留置による安全性、副作用の有無が問題となる。実験的には電極挿入の際に多少のライスネル膜、ラセン神経節の損傷が見られることはあるがneural populationの有意な減少はないと報告されている⁸⁾。

人工内耳はことばの聴取の面のみでなく、患者の日常生活の質の変化をもたらし、心理面、精神面でも大きく貢献している。多くの症例では環境音の聴取も可能となるため、術前の狭い行動範囲が術後には著明に拡大し、社会性が増大するという利点が見られることは言うまでも

ない。しかし、人工内耳本来の治療目的についての最も大きな問題点は、会話の聴取能が満足なレベルに達しない症例の見られることである。実際に1993年に人工内耳の使用者がまとめた報告書でもほとんどの患者は手術を受けたことに満足しているが、聞こえの内容に関する不満が多いことがわかる⁹⁾。

コクレア社製人工内耳は母音の聴取能は良く、大橋らの報告¹⁰⁾では22 ch.の人工内耳患者では母音の正当率は85%に達しているが、子音については正当率が約50%にとどまると指摘している。自験例でも1年後の聴取能は人工内耳のみでは母音; 平均67.1%, 子音; 31.3%だが読話の併用では母音は全員100%理解が可能であった。この理由として子音の音声特質が関与していると考えられ、子音の特徴である子音過渡部分のエネルギーが著しく弱く、また波形変化も著しく速いため、人工内耳のスピーチプロセッサでは実時間処理による分析が十分できないと考えられている。さらに子音は一連の音素としてではなく、脳内での照合、おそらくはshort term memory内での子音の弁別の特徴から判定されるものであるからではないか、と述べている¹⁰⁾¹¹⁾。

表 3 ビデオを用いた評価による手術後4年以上経過した症例の聴取能の変化

		単音 (%)		単語 (%)		文章 (%)	
		人工内耳のみ	人工内耳+読話	人工内耳のみ	人工内耳+読話	人工内耳のみ	人工内耳+読話
症例 1	1 年後	20	42	22	70	24	78
	4 年後	24	70	18	48	48	79
症例 2	1 年後	4	8	8	36	3	57
	4 年後	0	18	18	38	18	53
症例 3	1 年後	8	38	2	20	0	44
	4 年後	14	32	24	40	7	44

しかし、文章聴取能に関して、船坂ら¹⁾によれば言語には日本語、外国語を問わず冗長性があり、人工内耳患者では約50%聞き取れば意味は理解でき、ややゆっくり話された会話では100%完全聴取できると述べている。自験例でも文章聴取能は読話を併用すると1年後ではほぼ正常に近いスピードで聴取が可能であった。一方、ビデオを用いた聴取能は不良であったが、これは聞き慣れない検査者であること、機械を通した音声であるためであると思われる。人工内耳使用者はテレビや電話などの音声は聞きづらいつと述べており、ビデオでの評価は難しいと思われるが、自宅でのリハビリテーションの一環としてビデオを使用することは有用と考えられる。

言語聴取能の優劣に関与する因子としては、術前検査としてのプロモントリーテスト(岬角電気刺激検査)の結果、失聴時年齢、失聴期間、原因疾患、使用電極数、Tレベル、Cレベルさらにダイナミックレンジなどが関与すると考えられているが¹²⁾我々の症例では数がまだ少なく比較することは難しかった。船坂²⁾、伊藤ら¹³⁾の報告によればプロモントリーテストについては反応があれば聴神経の残存が期待できるいわば定性試験であり、術後の言語聴取能を予測するものではないとされる。原因疾患については進行性難聴、髄膜炎が聴取能が良く、メニエール病は不良であるとする報告がある¹⁴⁾が、我々の症例では必ずしも一致しなかった。術後の言語理解が術前に予測できれば術前の患者への説明、手術への同意を得るのに非常に有用であるが、現時点ではこの目的に合致する確定的な術前検査結果および患者側の要因はないと考えられている¹¹⁾¹⁵⁾。

埋め込み後の電気生理学的検査では、子音の明瞭度の良好な条件として1)Tレベルが低い、2)使用電極数が多い、3)ダイナミックレンジが広いことが考えられている。Tレベルは電流刺激に対する感度特性と考えられており、Tレベルが低いことは内耳に残存する神経末端の高

い感受性を意味し、電極数が多ければ周波数分解能が向上するため、子音の聴取能も向上すると考えられている¹⁵⁾。

また、電極数に関するHolmesら¹⁶⁾の検討では、電極数が15対以上だと会話能力が向上するとされるが、合成母音検査を用いた理論的検討では、人工内耳患者での母音聴取率は、挿入電極数が関与し、電極間距離が離れる程、異聴率は低くなり、さらにF2よりF1での異聴がより少ない傾向が見られたことより、電極はできる限り蝸牛頂に近づけるように深く挿入し、22本全て挿入することが望ましいと結論している¹⁰⁾。

前述のように術後の言語理解を術前に予測しうる確定的な術前検査結果および患者側の要因はなく、我々の症例でも多くは音入れ後聴取能の良否がはっきりするのが現状であるが、今回検討した患者のうち4年以上日常使用している症例では、時間の経過とともに聴取能の向上が見られた。このことから、術直後には満足な聴取能が得られなくとも長期の装用により経時的な聴取能の向上が期待できる症例が多いと推察される。一方、日常的に使用していない症例4、5は他の症例に比してダイナミックレンジが狭いものの母音、子音などの聴取能が不良ではなかった。しかし、症例4はコイル部の不快感、異和感に固執しリハビリを嫌がり、人工内耳を使用しようとしなかった。主治医と家族は毎日1時間でも使用することを勧めたが、そのうち家族関係が悪くなり、本人の精神的負担となっているようなので装着を強要することは控えた。症例5は術後、手足を3回骨折したため家にいることが多く家人との会話は読話で足りていた。このように日常生活ではそれぞれ筆談と読話で困ることがないため人工内耳の必要性を強く感じない、普段家族以外の人との関わりがないなど生活の活動性に欠けるなどの理由から装用状況が不良である場合は、これが聴取能の向上を妨げる要因とも考えられた。城間ら¹⁵⁾も人工内耳の使用に対する積極性を良好な聴取能の重

要な要因のひとつとして挙げ、使用時間の長い患者ほど語音明瞭度が優れている傾向が見られることを指摘している。このことは高次機能の可塑性を考慮すれば十分に理解できる。今後、人工内耳の普及が期待されるが、術後の聴取能向上のためのリハビリテーションについては、通常プログラムに加えて、生活の場で長い時間を使用し、活用するように指導することも重要なことと推察された。

ま と め

1. 12名の人工内耳症例のうち1年以上装用の7名について電極の状態、経時的な聴取能の変化を検討した。

2. 現在の使用電極数は平均17対で、特に4年以上の長期使用例3名では閾値に大きな変化はなく良好な電極の使用状況であった。

3. 母音の聴取能は良く、人工内耳のみでは平均67.1%であったが、子音は31.3%と不良であった。

4. 文章聴取能は読話を併用で1年後には平均18.5文節/分、4年以上では29.0文節/分とほぼ正常に近いスピードで聴取可能であった。

5. 4年以上日常使用している症例では聴取能の向上が見られた。良好な聴取能を得る要因のひとつに使用電極数や電気生理学的な検査に加えて、使用時間、装用に対する積極性も考えられた。

本論文の要旨は第94回日本耳鼻咽喉科学会総会にて発表した。

文 献

- 1) 船坂宗太郎, 本庄 巖, 形浦昭克, 他 : 30名の人工内耳植え込み患者の臨床試験成績. 耳喉頭頸 **64** : 149~157, 1992.
- 2) 船坂宗太郎 : 人工内耳 一聾患者への貢献一. 第93回日本耳鼻咽喉科学会総会 宿題報告. 1992.
- 3) 熊川孝三 : 22チャンネル人工内耳による語音の音響記憶. 日耳鼻 **94** : 1136~1141, 1991.
- 4) 本庄 巖 : 人工内耳の現状と将来. 耳鼻臨床 **86** : 1~11, 1993.

- 5) 城間将江, 湯川久美子, 河野 淳, 他 : 人工内耳使用に関する問題と対応. Audiology Japan **36** : 415~416, 1993.
- 6) 伊藤壽一, 榊原淳二, 高木 明, 他 : 人工内耳手術症例の検討 一特に結果が不十分な症例について一. 耳鼻臨床 **86** : 647~651, 1993.
- 7) 伊藤壽一, 竹内真理子, 榊原淳二, 他 : 人工内耳埋め込み手術の現状と問題点. 耳鼻臨床 **84** : 317~320, 1991.
- 8) Shephred RK, Clark GM, Pyman BC, et al : Banded intracochlear electrode array ; evaluation of insertion trauma in human temporal bones. Ann Otol Rhinol Laryngol **94** : 55~59, 1985.
- 9) 人工内耳友の会 (ACITA) 運営委員会. 122人からの回答書 人工内耳の実態調査. 1993.
- 10) 大橋伸也 : 人工内耳患者における子音聴取能の分析的研究. 耳展 **36** : 572~581, 1993.
- 11) Wickelgren WA : Distinctive features and errors in short-term memory for English consonants. J Acoust Soc Am **39** : 388~398, 1933.
- 12) Blamey PJ, Pyman BC, Gordon M, et al : Factors predicting postoperative sentence scores in postlinguistically deaf adult cochlear implant patients. Ann Otol Rhinol Laryngol **101** : 342~348, 1992.
- 13) 伊藤壽一, 高木 明, 本庄 巖, 他 : 人工内耳手術34症例の臨床的評価. 耳鼻臨床 **87** : 185~192, 1994.
- 14) 城間将江, 河野 淳, 湯川久美子, 他 : 人工内耳50症例の語音聴取成績. Audiology Japan **35** : 24~25, 1992.
- 15) 城間将江, 本多清志, 河野 淳, 他 : 人工内耳装用者の語音聴取能に影響を及ぼす要因. 音声言語医学 **32** : 371~377, 1991.
- 16) Holmes AE, Kemker FJ and Merwin GE : The effects of varying the number of cochlear implant electrodes on speech perception. Am J Otol **8** : 240~246, 1987.

(原稿受付 : 平成6年4月11日
原稿採択 : 平成6年5月9日
別刷請求先 : 新谷朋子
〒060 札幌市中央区南1条西16丁目
札幌医科大学耳鼻咽喉科学教室)