良聴耳聴力レベル 90dBHL 未満の症例に対する 人工内耳の術後語音聴取能の検討

勝然昌子¹⁾, 尾形エリカ²⁾, 赤松裕介²⁾, 檜尾明憲²⁾, 狩野章太郎²⁾, 岩崎真一²⁾, 山唄達也²⁾

¹⁾NTT 東日本関東病院耳鼻咽喉科・頭頸部外科

²⁾東京大学医学部附属病院耳鼻咽喉科・頭頸部外科

要旨：本邦の成人人工内耳の適応基準は聴力レベルに重点を置いているが、米国などの諸外国では語音聴取能に重点を置いたものも存在する。本邦でも聴力レベルが保たれていても語音聴取能が悪く、実用的な音声コミュニケーションが困難な症例が存在する。今回我々は、良聴耳聴力レベルが4分法で90dBHL未満であるが語音聴取能が不良なため、当科で人工内耳手術を行った中途失聴成人9症例の術後成績を検討した。全9症例の術後語音聴取能の平均は、両側術前聴力レベルが90dBHL以上症例の術後語音聴取能の平均とほぼ同等であった。術側耳の聴力レベルが90dBHL未満であった症例は4例で全例良好な術後成績が得られた。術側耳の聴力レベルが90dBHL以上で非術側耳の聴力レベルが90dBHL未満であった5症例では術後成績にばらつきを認めた。本研究から語音聴取能が不良な聴力レベルが90dBHL未満の症例にも人工内耳の良い適応となる症例が存在することが示唆された。

キーワード

人工内耳, 適応基準, 聴力レベル, 語音聴取能

はじめに

成人に対する人工内耳の適応基準(2006)は、本邦では「純音聴力は原則として両耳とも90dBHL以上の重度難聴者で、かつ補聴器の装用効果の少ないもの」と聴力レベルに重点を置いたものとなっているが、各国でその適応規準は異なる。Cochlear社のホームページ <http://www.cochlear.com/wps/wcm/connect/us/for-professionals/products/cochlear-implants/candidacy> (2017年1月4日)に記載されている米国における成人人工内耳の適応基準は「Moderate to profound sensorineural hearing loss in both ears. Limited benefit from amplification defined by preoperative test scores of $\leq 50\%$ sentence recognition in the ear to be implanted and $\leq 60\%$ in the opposite ear or binaurally」であり、語音聴取能

に重点を置いたものとなっている。米国のみでなく、ドイツやフランス、スイスなどでも成人の人工内耳適応基準に語音聴取能を採用しており、聴力レベルに関しては基準が無い、または適応の幅が広く設定されている¹⁾²⁾(表1)。また、Deborahらの報告³⁾でも、調査した85%の国で成人の人工内耳の適応基準において語音聴取能を採用しているとされている。良聴耳の聴力レベルが90dBHL未満であった症例への人工内耳埋込み術の術後成績については、両側とも90dBHL以上であった症例と比較して術後成績が良好であったという海外の報告⁴⁾⁵⁾がある。

本邦においても、聴力レベルが90dBHL未満であっても語音聴取能不良例が存在することは既に報告されており⁶⁾、聴力レベルが保たれていても実用的な音声コミュニケーションが困難な症例を時に経

表1 各国の人工内耳適応基準（参考文献1，2より一部改訂）

	裸耳聴力		補聴器装用下語音聴取能
アメリカ	中等度・重度・高度難聴		文章 $\leq$ 50%（術側） $\leq$ 60%（両耳，非術側）
ドイツ	250Hz-8kHz	$\geq$ 70dBHL	単音節 $<$ 50%
フランス	きまりなし		2音節 $<$ 50%
イギリス	2kHz-4kHz	$\geq$ 90dBHL	文章 $\leq$ 50%
スイス	きまりなし		単音節 $<$ 40%
オーストラリア	中等度・重度・高度難聴		単音節 $<$ 60%
韓国	250Hz-8kHz	$\geq$ 90dBHL	文章 $<$ 50%
日本	重度難聴	$\geq$ 90dBHL	規定なし

験する。以上の背景から、当科で過去に人工内耳を施行した症例のなかで、良聴耳聴力レベルが90 dBHL未満であったものの語音聴取能不良のため手術が検討された症例において、その経緯・術後成績を検討し、人工内耳適応基準について考察を加えて報告する。

対象と方法

東京大学医学部附属病院で2005年から2015年に人工内耳埋め込み術を施行した成人中途失聴症例61症例から、良聴耳平均聴力レベルが4分法で90dBHL未満であった9症例（男性8例，女性1例：年齢20-74歳，平均年齢52歳）を抽出した。当科では聴力レベルが90dB未満であっても補聴器装用下の聴取能が50%未満の場合，本邦の人工内耳埋め込み術の適応基準外であることを患者に伝え，かつ科内で十分に検討したうえで，患者の強い希望があった場合には人工内耳埋め込み術を行うこととしている。術側耳の聴力レベルが90dBHL未満であった症例群（以下術側90dBHL未満群）が4例，術側耳の聴力レベルが90dBHL以上で非術側耳の聴力レベルが90dBHL未満であった症例（以下非術側90dBHL未満群）が5例であった。使用した人工内耳機種は全例コクレア社製であり，全例で内耳奇形は認めなかった。各症例の背景を表2，3に，術前のオーディオグラムを図1に示す。聴力レベルは全て4分法で記載している。

聴力の評価は標準純音聴力検査のほかに，聴性脳幹反応（以下ABR）を用いて実施した。ABRは0.1ミリ秒幅のクリック音を用い，刺激頻度は10Hz，解析時間は20ミリ秒，加算回数は1000回とした。最

大105dBまで測定している。

術前の術側裸耳語音聴取能は67-S語表単音節検査（日本聴覚医学会）を用いて測定した。またその他に，ビデオを用いた福田版明瞭度検査（福田1989）の単音節語表を用いて術前・術後の語音聴取能の評価を行った。評価は防音室内において，術前評価は補聴器装用下に，術後評価は人工内耳のみを装用する条件で実施した。音声と映像は対象者の正面1mから提示されるが，本研究における術前・術後の聴取能の比較は音声のみを提示する条件の評価を用いて行い，術後聴取能は最も成績が良好であった時期のものを採用した。

結 果

全9症例の術前語音聴取能は平均16.8%，術後語音聴取能は平均58.4%であった。続いて，術側に聴力レベルが90dBHL未満の耳を選択した群と，90dBHL未満の耳を温存し90dBHL以上の悪聴耳に人工内耳埋め込み術を行った群に分け検討を行った。

1) 術側90dBHL未満群（表2）

術前語音聴取能は平均18.5%，術後語音聴取能は平均82%であった。症例Aは非術側に聴神経腫瘍が存在し，聴力レベルは90dBHL以上であった。症例Bは髄膜炎後の蝸牛骨化を非術側に認め，この耳の聴力レベルは90dBHL以上であった。術側でも蝸牛の骨化が進行することを危惧し，90dBHL未満の耳に対して人工内耳埋め込み術を行った。症例Cと症例Dは両側ともに聴力レベルが90dBHL未満であった。症例Dは，15年前の突発性難聴により術側聴力は低下していた。当時の聴力レベルや難聴の進行の有無は不明であるが，補聴器は使用していなか

表2 術側 90dBHL 未満群（聴力は4分法で表示）

術前の術側裸耳語音聴取能は67-S語表単音節検査（日本聴覚医学会）を用いて測定し、術前・術後の聴取能は福田版明瞭度検査（福田1989）の単音節語表を用い術前評価は補聴器装用下に、術後評価は人工内耳のみを装用する条件で実施した。

症例	年齢	性別	失聴原因	術側	術側 失聴期間	術前聴力 (dBHL)		補聴器 装用耳	機種	聴取能 (%)		
						術側	非術側			裸耳	術前	術後
A	59	M	原因不明	左	6年	81	134	術側	CI24RE (CA)	20	22	72
B	41	M	髄膜炎	左	10ヶ月	88	90	両側	CI24R (CS)	5	18	84
C	52	M	原因不明	左	1年	86	81	両側	CI24RE (CA)	40	22	88
D	52	M	突発性 難聴	左	1年9ヶ月	86	84	非術側	CI24RE (CA)	35	12	84

表3 非術側 90dBHL 未満群（聴力は4分法で表示）

術前の術側裸耳語音聴取能は67-S語表単音節検査（日本聴覚医学会）を用いて測定し、術前・術後の聴取能は福田版明瞭度検査（福田1989）の単音節語表を用い術前評価は補聴器装用下に、術後評価は人工内耳のみを装用する条件で実施した。

症例	年齢	性別	失聴原因	術側	術側 失聴期間	術前聴力 (dBHL)		補聴器 装用耳	機種	聴取能 (%)		
						術側	非術側			裸耳	術前	術後
E	47	M	髄膜炎	左	4年	134	69	非術側	CI24RE (CA)	0	0	2
F	74	F	髄膜炎	右	1年4ヶ月	134	79	両耳	CI24RST	0	0	26
G	20	M	原因不明	右	11年	134	76	両耳	CI24M	—	—	4
H	65	M	原因不明	左	4年	100	80	非術側	CI24RE (CA)	0	44	80
I	62	M	慢性 中耳炎	左	1年	129	86	両耳	CI24M	—	16	86

った。1年9カ月前に良聴耳であった非術側の聴力が低下し始め、その時の術側の聴力レベルは86dBHL、裸耳語音聴取能は67-S語表単音節検査（日本聴覚医学会）で35%であった。補聴器装用を開始したが、術側は長期に渡り補聴器を使用しておらず非術側のみ補聴器を常用していたことから、術前語音聴取能は非術側補聴器装用下で評価した。症例A・C・Dは経過観察中に徐々に聴力の低下を認めて語音聴取能が悪化した症例であり、補聴器の装用効果が乏しいと判断して聴力レベルが90dBHL未満の耳に人工内耳埋込み術を行った。今回検討した

術側 90dBHL 未満群の術後語音聴取能は、全例において良好な結果であったと言える。

2) 非術側 90dBHL 未満群（表3）

全5例の術前語音聴取能は平均15.0%，術後語音聴取能は平均39.6%であったが、予後良好な2例（症例H・I：術後語音聴取能平均83%）と予後不良な3例（症例E・F・G：術後語音聴取能平均10.7%）に分かれた。

症例Hは良聴耳の急激な聴力低下に伴い語音聴取能が低下したため、90dBHL以上の悪聴耳に人工内耳を挿入した。症例Iは両側慢性中耳炎により徐々

図1 各症例の術前オーディオグラム

に聴力の低下を認め、語音聴取能が悪化して補聴器の装用効果に乏しいと判断し、90dBHL以上の悪聴耳に人工内耳を挿入した。

予後不良であった3症例（E・F・G）は聴力レベルの変動は認められず、補聴器装用下での語音聴取能が極めて不良なため手術を行った。症例Eは髄膜炎に伴う難聴があり、ABRは両側105dBHLで無反応であった。術前のMRI検査では蝸牛骨化や内耳道の狭窄・変性を認めず、Promontory Stimulation Testでは左右差なく音検出閾値が得られたた

め、良聴耳を温存して悪聴耳に人工内耳埋込み術を行った。成績不良の要因は髄膜炎による後迷路障害⁷⁾と思われた。この症例では、術後に対側への人工内耳埋込みを勧めたが、本人の希望が無いため行っていない。症例Fも髄膜炎に伴う難聴があり、ABRは術側105dBHLで無反応、非術側は105dBHLでV波を認めた。術前のMRI検査では術側の蝸牛骨化を認めたが、非術側の骨化は認めず、内耳道の狭窄・変性は認めなかった。Promontory Stimulation Testでは左右差なく音検出閾値が得られ、カロリ

ックテストでは眼振最大緩徐相速度は術側 $4^{\circ}/\text{sec}$ ・非術側眼振 $37^{\circ}/\text{sec}$ であった。髄膜炎罹患前よりめまいの自覚があり、患者希望で平衡機能残存耳を温存した。全電極挿入可能であったが、術後成績は不良であり、髄膜炎による後迷路障害⁷⁾が原因と考えられた。この症例も対側への人工内耳埋込みの希望が無く行っていない。症例Gは原因不明の難聴があり、ABRは両側とも105dBHLで無反応であった。術前のMRI検査では蝸牛・内耳道ともに正常で、Promontory Stimulation Testは両側とも閾値検出不能であった。失聴期間は術側11年・非術側1年と左右差を認めたが、患者希望により失聴後の期間が短い良聴耳を温存した。本症例では長期失聴に伴う蝸牛神経の変性等、後迷路の障害⁸⁾⁹⁾が成績不良の原因と考えられた。症例Gではその後、失聴期間の短い対側に人工内耳を挿入し、術後語音聴取能が88%と良好な成績が得られた。

考 察

良聴耳聴力レベルが90dBHL未満であるにも関わらず語音聴取能が不良な症例への人工内耳埋込み術の術後成績について検討を行った。良聴耳聴力レベルが90dBHL未満であった全9症例の術後語音聴取能の平均は58.4%であった。これは、現行基準に沿って当科で人工内耳埋込み術を行った両側90dBHL以上の成人中途失聴者における術後語音聴取能平均66 (± 22)% (48例：2005年-2015年)とほぼ同等の結果(マン・ホイットニー検定, $p=0.57$)であった。また、術側聴力レベルが90dBHL未満であった症例は全例で良好な術後成績が得られた一方で、術側が90dBHL以上であった群は術後成績にばらつきが認められた。

良聴耳の聴力レベルが90dBHL未満であった症例への人工内耳埋込み術の術後成績を検討している過去の報告⁴⁾⁵⁾においては、いずれも両側とも90dBHL以上であった症例の術後成績を上回る成績が得られたとされている。一方で、本研究では両側の聴力レベルが90dBHL以上であった症例群の術後成績を上回るまでには至らなかった。この要因としては、症例数が少ないこと、またその中に(9症例中3症例)髄膜炎に伴う難聴という特異的な症例が含まれていたことが挙げられる。髄膜炎に伴う難聴

では後迷路障害を合併することが多いため、人工内耳の術後成績が不良な症例が存在することが知られている⁷⁾。本研究においても髄膜炎に伴う難聴の3症例中2症例の術後成績は極めて不良であった。この特異的な3症例を除いて検討すると、術後語音聴取能の平均は69%となる。これは現行の適応基準に沿った症例の術後成績を上回っており、先行研究と同様の結果となる。今後、更なる症例の蓄積が必要ではあるが、本邦においても聴力レベルが90dBHL未満であるが語音聴取能が不良な症例において、失聴期間が短く、かつ髄膜炎など高度の後迷路性障害を来すような病態がない場合、人工内耳埋込み術が適応となることが、本研究においても明らかとなったと考えられる。

残存聴力のある症例に対する人工内耳埋込み術では術側の選択が一つの問題となる。Gantzら¹⁰⁾は術前の聴力レベルが術後成績に影響すると報告している。これを支持する報告として、聴力レベルとらせん神経節神経細胞残存数が相関した¹¹⁾という報告を認める。一方で、術前の聴力レベルは術後成績に影響しないという報告⁵⁾も認める。その裏付けとして、人工内耳埋込み患者における側頭骨標本の研究において術後の語音聴取能と残存らせん神経節細胞数に相関が認められなかったという報告¹²⁾がある。実際に、残存聴力に左右差のある症例に対して、人工内耳を良聴耳に挿入した場合と悪聴耳に挿入した場合の術後成績を比較した過去の論文では、術後成績に有意差は認めない¹³⁾か、むしろ悪聴耳に挿入した方が術後成績は良好であった⁵⁾¹⁴⁾と報告されている。本研究では聴力レベルが90dBHL未満の耳に人工内耳を施行した群では全例良好な術後成績が得られたのに対し、聴力レベルが90dBHL以上の耳に挿入した群では術後成績にばらつきがあり、前者を支持する結果となった。但し、今回の症例の詳細を検討すると、術後成績不良であった3例のうち2例は髄膜炎後の難聴という特異的な症例であり、残りの1例も術側の失聴期間が11年と長期であったという術後成績が不良⁸⁾⁹⁾となる要因のある症例であり、術前の聴力レベルと術後成績の関係について結論を出すには今後更なる症例の蓄積が必要であると考ええる。

赤井らは、聴力レベルが90dBHL未満であって

も語音聴取能不良例が多数存在することを報告しており⁶⁾、本邦でも聴力レベルが90dBHL未満であっても語音聴取能が悪い症例が存在するのは明らかである。これら症例の中に、人工内耳を埋め込むことによりよい音声コミュニケーションを実現し得る症例が存在することが考えられる。本邦でも成人人工内耳の適応基準においては純音聴力レベルだけではなく語音聴取能を考慮した適応規準の設定を行うことが望ましいと考えている。

ま と め

成人中途失聴のうち、良聴耳の聴力レベルが4分法で90dBHL未満であった9症例9耳について検討した。術側耳の聴力レベルが90dBHL未満であった症例は4例で、術側耳の聴力レベルが90dBHL以上で非術側耳の聴力レベルが90dBHL未満であった症例は5症例であった。全9症例の術後語音聴取能の平均は、両側術前聴力レベルが90dBHL以上であった症例の術後語音聴取能の平均とほぼ同等であった。術側耳の聴力レベルが90dBHL未満症例の術後語音聴取能は全例、両側術前聴力レベルが90dBHL以上であった症例の術後語音聴取能の平均を上回ったのに対し、90dBHL以上の耳に人工内耳埋込み術を行った症例の成績にはばらつきを認めた。

本論文の要旨は第61回日本聴覚医学会（2016年10月、盛岡市）において口演した。

本論文に関連し開示すべき利益相反はありません。

Consideration of cochlear implantation for patients with a hearing level of less than 90 dB.

Masako Katsushika¹⁾, Erika Ogata²⁾, Yusuke Akamatsu²⁾, Akinori Kashio²⁾, Shotaro Karino²⁾, Shinichi Iwasaki²⁾, Tatsuya Yamasoba²⁾

¹⁾Department of Otolaryngology and Head and Neck Surgery, NTT Medical Center Tokyo

²⁾Department of Otolaryngology and Head and

Neck Surgery, The University of Tokyo

The current criteria for adult cochlear implantation in Japan are based on the hearing level. However, in other countries, such as the United States, they are based on word recognition scores. In Japan, there are individuals who have difficulty in communication, even when their hearing level is less than 90dBHL. In the current study, we evaluated the results of speech perception following cochlear implantation in nine subjects who had had poor word recognition, but a hearing level of less than 90dBHL in the better hearing ear before cochlear implantation. The average postoperative word recognition scores of these nine subjects was almost equal to the average postoperative word recognition scores of other adult subjects with a bilateral hearing level of more than 90dBHL. The postoperative speech recognition scores of the four subjects who received the cochlear implant in the ear with a hearing level of less than 90dBHL were generally good. However, there was variability in the results of the five subjects who received the cochlear implant in the ear with a hearing level of greater than 90dBHL. These results indicate that Japanese individuals with poor word recognition scores and a hearing level of less than 90dBHL are candidates for cochlear implantation.

文 献

- 1) 守本倫子：小児人工内耳の新適応規準. *Otology Japan* **25**: 141-143, 2015
- 2) 神田幸彦：小児人工内耳の低年齢化と両耳装用. *ENTONI* **181**: 28-35, 2015
- 3) Vickers D, De Raeve L, Graham J: International survey of cochlear implant candidacy. *Cochlear Implants International* **17**: 36-41, 2016
- 4) Francis HW, Yeagle JD, Brightwell T, et al: Central effects of residual hearing: implications for choice of ear for cochlear implantation. *Laryngoscope* **114**: 1747-1752, 2004
- 5) Francis HW, Yeagle JD, Bowditch S, et al:

- Cochlear implant outcome is not influenced by the choice of ear. *Ear and Hearing* **26**: 7S-16S, 2005
- 6) 赤井貞康, 小寺一興, 矢吹今日子, 他: 感音難聴における聴力閾値と語音明瞭度との関係. *Audiology Japan* **33**: 210-214, 1990
- 7) 池谷 淳, 河野 淳, 萩原 晃, 他: 成人期に人工内耳植込み術を施行した髄膜炎後難聴症例の検討. *耳鼻咽喉科展望* **58**: 75-83, 2015
- 8) 森 尚彫, 伊藤 壽一, 平海晴一, 他: 成人人工内耳長期装用例における装用域値と後迷路機能. *Audiology Japan* **55**: 190-197, 2012
- 9) 内藤 明, 北野庸子, 高橋正紘, 他: 人工内耳装用者における聴覚順応と可塑性—音響心理学的検討—. *Audiology Japan* **43**: 210-214, 2000
- 10) Gantz BJ, Woodworth GG, Knutson JF, et al: Multivariate predictors of audiological success with multichannel cochlear implants. *Annals of Otology, Rhinology and Laryngology* **102**: 909-916, 1993
- 11) Incesulu A, Nadol JB: Correlation of acoustic threshold measures and spiral ganglion cell survival in severe to profound sensorineural hearing loss. *Annals of Otology, Rhinology and Laryngology* **107**: 906-911, 1998
- 12) Linthicum Jr. FH, Fayad J, Otto SR, et al: Cochlear implant histopathology. *The American Journal of Otology* **12**: 245-311, 1991
- 13) Lassaletta L, Calvino M, Sanchez-Cuadrado I, et al: Which ear should we choose for cochlear implantation in the elderly: The poorer or the better? Audiometric outcomes, quality of sound, quality-of-life results. *Acta Oto-Laryngologica* **135**: 1268-1276, 2015
- 14) Franko-Tobin E, Camilon PR, Camposeo E, et al: Outcomes of cochlear implantation in adults with asymmetric hearing loss. *Otology and Neurotology* **36**: 409-415, 2015
- (2017年2月1日受稿 2017年5月2日受理)
-
- 別冊請求先: 〒141-8625
東京都品川区東五反田 5-9-22
NTT 東日本関東病院耳鼻咽喉科・頭頸部外科
勝然昌子
Masako Katsushika
Department of Otolaryngology and Head and Neck Surgery, NTT Medical Center Tokyo
5-9-22, Higashi-Gotanda, Shinagawa-ku, Tokyo 141-8625, Japan