

図 1 残存聴力活用型人工内耳の原理

体外装置(スピーチプロセッサ)により拾われた音は、周波数帯域に応じて分離され、低音部は音声情報として増幅した後外耳道経由で送られる。一方、高音部は電気信号に変換され、人工内耳経由で聴神経に送り込まれる。

また実際に、この電極を用いた最近の報告では残存聴力の温存率も80%以上の施設が多くなってきており、最近のFLEX^{cas}電極を用いた聴力温存率に関する報告として、80% (8/10例)⁶⁾、90% (9/10例)⁷⁾、100% (9/9例)⁸⁾、100% (症例数 18/18)⁹⁾、100% (症例数 18/18) (宇佐美, 投稿中)がある。

2. スピーチプロセッサ

EASはスピーチプロセッサ本体に内蔵されているマイクroフォンによって拾われた音情報を、本体内蔵の高速コンピュータにより、周波数帯域に応じて低音部の音声情報と高音部の音声情報に分離し、それぞれを acoustic 情報(音刺激)と electric 情報(電気刺激)に分離して音を送り込む構造になっている(図2)。

手術法

EASは人工内耳の適応や可能性を広げるものとして注目されているが、蝸牛への電極挿入と聴力温存という相反する目的を達成しなければならない点にこの医療技術の難しさがある。人工内耳手術の際の電極挿入法として、鼓室岬角(蝸牛)の骨壁を削開し cochleostomy から電極挿入するのが一般的であったが、近年、正円窓からのアプローチによる電極挿入がより低侵襲であり、残存聴力を保存でき

残存聴力活用型人工内耳の適応(高度医療)

両耳とも以下の条件を満たす感音難聴患者

1) 純音聴力検査

- 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz の純音聴力閾値が 65 dB 以内
- 2000 Hz の純音聴力閾値が 80 dB 以上
- 4000 Hz, 8000 Hz の純音聴力閾値が 85 dB 以上

ただし、上記に示す周波数のうち1箇所が10 dB以内の幅で外れる場合には対象とする。

2) 補聴器装用下において静寂下での語音弁別能が65 dB SPLで60%未満であること。

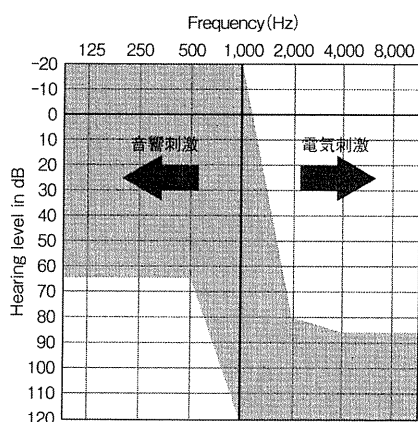


図 2 残存聴力活用型人工内耳の適応となる聴力像

る可能性が高いことが明らかになってきた^{10,11)}。われわれも音響外傷および前庭機能の面から両アプローチを比較検討した結果、正円窓アプローチによる電極挿入では、cochleostomyからの電極挿入例に比較して骨削開時間が1/5以下の時間で終了しており、音響外傷のリスク軽減という点からもより優れた低侵襲手術であることが明らかになった¹²⁾。また、聴力の残存とともに前庭機能の温存が重要であるが、正円窓アプローチによる電極挿入ではVEMP (vestibular evoked myogenic response)の反応が保たれるのに比し、cochleostomy症例では反応低下が認められた¹²⁾。したがって、前庭機能の温存の面からも優れた手術アプローチであることが確認されている。当初は、浅く電極を挿入し障害の強い基底回転(高音部)のみを人工内耳により電気刺激する方法が考案されたが、われわれの施設では、①低音部の難聴が進行し、高度難聴になった際に対応に限界があること、②基底板の下に電極が存在しても基底板の振動は障害されないこと¹²⁾が明らかとなっていることから、より長い電極を用いて治療を行っているが、2011年8月現在までに行った18症例全例で低音部の聴力が保存可能であった(宇佐美、投稿中)。

聴取能の成績

言語成績に関しては、ヨーロッパを中心に行われたEASの臨床研究では、EAS装用での聴取能が大幅に改善しており(単音節の正答率平均が50%以上改善)その有効性が確かめられている^{13~15)}。自験例でも、音入れ後6カ月で単音節で50%の聴取能を獲得でき、日本語の聴取改善にも大きなメリットがあることが確認できている¹⁶⁾。高度医療として行われた9症例の聴取能に関して検討した結果でも、音入れ後、比較的早期である3カ月目ですでに大きく改善していることが確認された(茂木、投稿中)。

臨床応用の現状

電極の改良、スピーチプロセッサの開発、および手術法の検討が進められ、現在すでにヨーロッパではCEマークを取得し、高音障害型の難聴患者の治療法として確立しつつある。また米国FDAでも現在治験が進められている。

わが国でも2010年8月に厚生労働省から「残存聴力活用型人工内耳挿入術」が高度医療(第3項先進医療)として承認を受け臨床研究が開始されている。当施設では現時点(2011年8月)までに18例(うち高度医療9例)の経験を重ねており、聴力温存成績と日本語における有効性を現在検証しているが、現時点では非常に良好な成績が得られている。有効な治療のない高音急墜あるいは漸傾型の聴力像を呈する難聴患者の治療法として早期の保険導入が期待される。

文献

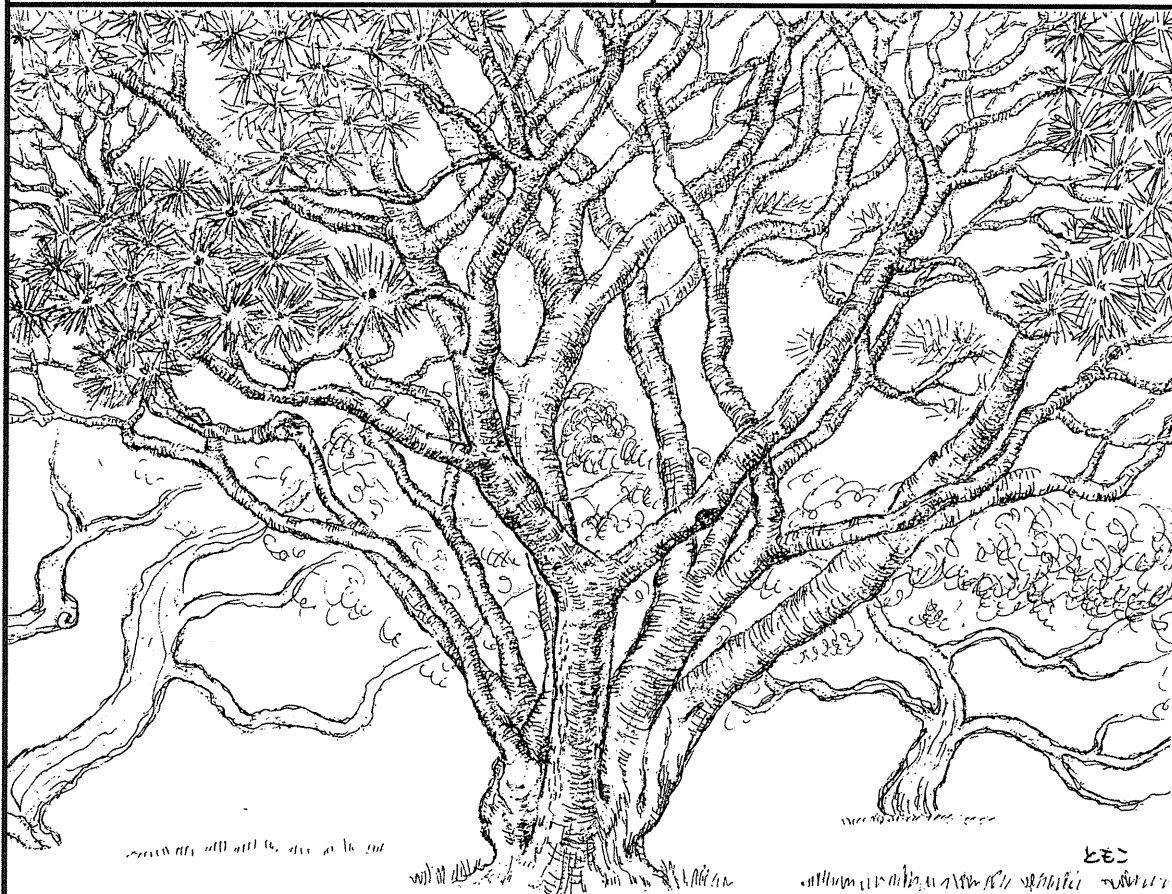
- 1) von Ilberg C, Kiefer J, Tillein J, et al. Electric-acoustic stimulation of the auditory system. New technology for severe hearing loss. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec.* 1999; 61: 334-40.
- 2) von Békésy G. *Experiments in hearing.* New York: McGraw-Hill; 1960.
- 3) Russell J, Sellick M. Intracellular studies of hair cells in the mammalian cochlea. *J Physiol.* 1978; 284: 261-90.
- 4) Adunka O, Kiefer J, Unkelbach MH, et al. Development and evaluation of an improved cochlear implant electrode design for electric acoustic stimulation. *Laryngoscope.* 2004; 114: 1237-41.
- 5) Baumgartner WD, Jappel A, Morera C, et al. Outcomes in adults implanted with the FLEXsoft electrode. *Acta Otolaryngol.* 2007; 127: 579-86.
- 6) Lee A, Jiang D, McLaren S, et al. Electric acoustic stimulation of the auditory system: experience and results of ten patients using MED-EL's M and FlexEAS electrodes. *Clin Otolaryngol.* 2010; 35: 190-7.
- 7) Adunka OF, Pillsbury HC, Adunka MC, et al. Is electric acoustic stimulation better than conventional cochlear implantation for speech perception in quiet? *Otol Neurotol.* 2010; 31: 1049-54.
- 8) Gstoettner W, Helbig S, Settevendemie C, et al. A new electrode for residual hearing preservation in cochlear implantation: first clinical results. *Acta Otolaryngol.* 2009; 129: 372-9.
- 9) Helbig S, Van de Heyning P, Kiefer J, et al. Combined electric acoustic stimulation with the PULSARCI(100) implant system using the FLEX(EAS) electrode array. *Acta Otolaryngol.* 2011; 131: 585-95.
- 10) Skarzynski H, Lorens A, Piotrowska A, et al. Preservation of low frequency hearing in partial deafness cochlear implantation (PDCI) using the round window surgical approach. *Acta Otolaryngol.* 2007; 127: 41-8.
- 11) Roland PS, Wright CG, Isaacson B. Cochlear implant electrode insertion: the round window revisited. *Laryngoscope.* 2007; 117: 1397-402.
- 12) Usami S, Moteki H, Suzuki N, et al. Achievement of hearing preservation in the presence of an electrode covering the residual hearing region. *Acta Otolaryngol.* 2011; 131: 405-12.
- 13) Skarzynski H, Lorens A, Piotrowska A, et al. Partial deafness cochlear implantation provides benefit to a new population of individuals with hearing loss. *Acta Otolaryngol.* 2006; 126: 934-40.
- 14) Gstoettner WK, van de Heyning P, O'Connor AF, et al. Electric acoustic stimulation of the auditory system: results of a multi-centre investigation. *Acta Otolaryngol.* 2008; 128: 968-75.
- 15) Lorens A, Polak M, Piotrowska A, et al. Outcomes of treatment of partial deafness with cochlear implantation: a DUET study. *Laryngoscope.* 2008; 118: 288-94.
- 16) 宇佐美真一, 他. 残存聴力活用型人工内耳(EAS: electric acoustic stimulation)を使用した一症例: 人工内耳手術における残存聴力保存の試み. *Otol Jpn.* 2010; 20: 151-5.

SSKA
ACITA

人工内耳友の会会報

[明日]

No.95 2011/11



補聴器と人工内耳

私たち聴覚障害者が損なわれた聴覚機能の補完・代替の用具としては、その程度に応じた補聴器（補装具）の使用や人工内耳（医療器具）の装用があります。しかし、現行制度では、補聴器は、修理や買い替えが、「補装具」として公費助成の対象になっているのに、人工内耳は、「医療器具」なるが故にその対象とならず、より重度障害である人工内耳装用者は、電池代、スピーチプロセッサの買い替え、修理費など全てが本人負担となっています。医学的には、そのような分類になるかも知れませんが、その分類のために重い負担を負っている人工内耳装用者としては、この制度には、矛盾と格差を感じざるを得ません。近年、何かと格差問題が上げられますが、補聴器と人工内耳の間にも、この格差が感じられます。障害者の負担については、平等であるべきだと思います。この矛盾と格差をなくすには、人工内耳を「補装具」に追加するか、健康保険を全面適用にするかの何れかだと思います。行政からもそのような声も聞きますが、福祉部門課長会議等の本省などへの要望事項にも「補装具」の種目追加として人工内耳が上げられているとの話も聞いています。これら矛盾や格差を早急に解決出来るように、[ACITA]として、国会等に対する請願活動をより活発に進めて戴きたいと思います。（入）

かった」「VTRが多く、実際の場面での進め方が参考になった」「遺伝子診断が臨床にどのように役に立つのかが分かり、科学技術の進歩を感じた」と、例年同様に非常にご好評をいただきました。

近年、早期診断・早期介入・難聴医療の進歩により人工内耳装用児の可能性は確実に広がっております。人工内耳医療にかかわる専門家には、人工内耳機器やマッピングに関する知識のみならず、対象児の発達や母子関係、

聴性行動を見定める視点、聴覚学習やその指導方法などについて、より高度な専門的技術が求められるものと考えます。セミナーに参加していただいたスペシャリストたちが互いに高め合いながら、現在および次代の人工内耳医療を支える人材として今後も活躍してくれることを願っております。

今回は、来冬にウインターセミナーとしての開催を予定しております。ぜひご参加ください。



「侵襲の少ない人工内耳手術」

信州大学医学部耳鼻咽喉科学講座
教授 宇佐美 真一

【ACITA】の93号でも紹介しましたが、信州大学では低音部の残存聴力を活用する残存聴力活用型人工内耳（EAS）を高度医療として行っています。EASでは低音部の聴力をいかに温存させるかが重要なポイントとなります。

従来は内耳に電極を挿入することにより、もともとの内耳機能は失われてしまうと考えられていましたが、侵襲の少ない手術を行うことによって内耳の機能や構造をそのままに残せることが明らかになってきました。この

考えは残存聴力のある患者さんのみでなく、すべての人工内耳手術を行う際に重要になる考えです。全周波数にわたり残存聴力のない重度難聴患者さんに対する通常の人工内耳でも、低侵襲手術を行い、手術に引き続いて起こる内耳障害を予防することは、長期的な聴神経の変性を予防する意味からも重要であると考えられています。特に幼児の場合、その先70-80年使用することを考えると聴神経の保護には特に気を遣わなければなりません。

特別寄稿

さらに将来的により高機能のインプラントへの交換の可能性、あるいは今後開発される遺伝子診断、再生医療といった新たな治療法の適応になる可能性も視野に入れ、内耳の構造や機能を正常なまま残しておく手術を行うことが重要です。また聴覚ばかりでなく平衡機能も正常なまま保存出来る手術をする必要があります。信州大学ではそのような理由から

すべての人工内耳手術の際に「内耳にやさしい」人工内耳手術を取り入れています。詳しくは下記にお問い合わせ下さい。

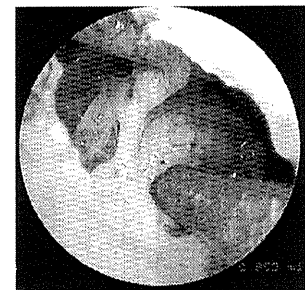
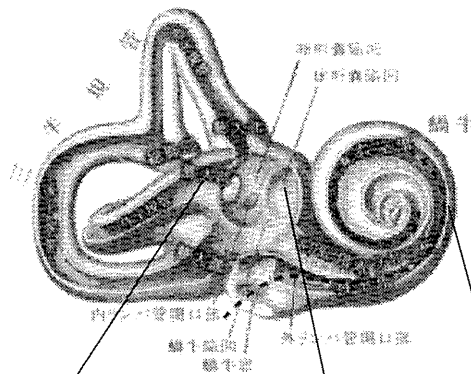
問い合わせ先（耳鼻咽喉科医局）

TEL:0263-37-2666

FAX:0263-36-9164

e-mail:orl@shinshu-u.ac.jp

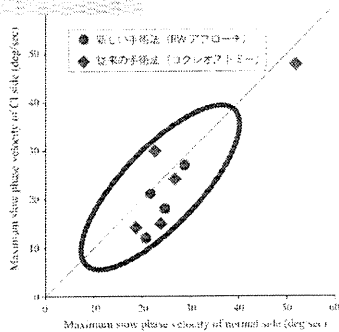
低侵襲手術



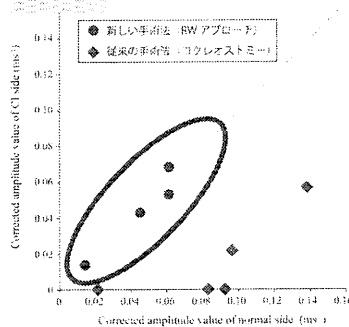
蝸牛窓經由の電極挿入

前庭機能の維持

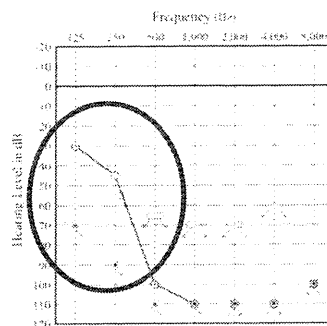
外側半規管



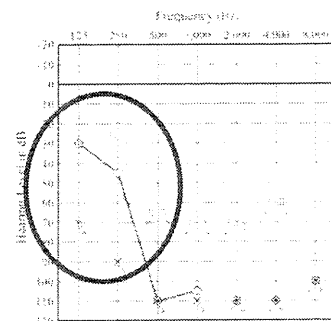
球形嚢



残存聴力の維持



手術前



術後9ヶ月時

「EASを装着して」

熊澤 薫（愛知県）

2009年12月21日、左耳にEAS（残存聴力活用型人工内耳）の埋め込み手術を受けました。

信州大学医学部付属病院の宇佐美先生から初めてEASのお話を伺った2009年の2月末、実は私は15年間勤めた職場を退職することを決めており、既に願いを提出してある状況でした。私が職場として所属する組織は、建前上ノーマライゼーションの実現を理念としており、そういう仕事に携わりながら障害を理由に退職することは、実に不本意でした。しかし、現実には、もはや電話の受け答えも満足にできなくなっていて、接客はおろか同僚や上司とのコミュニケーションにも様々な場面で支障をきたすことがある中で、自分がそこで「なすべき仕事」を見出ししていくことは難しいことでした。通常「一身上の理由」と書く退職理由に「かねてより顕在化していた聴覚障害が進行し、もはや職務の遂行に支障がある状態になったと判断したため」と書いた記憶があります。

そんな折、宇佐美先生からEASを勧められたことは、私にとってまたとないタイミングで、本当に幸運でした。これがもう少し遅ければ、私はそのとき一旦は職を失っていたはずです。幸い、退職願の撤回は成功し、私は現在も同じ組織で働いています。

私の聴こえは、いわゆる「高音急墜型難聴」で、低い音は普通に聞こえるけれどある一定以上高い音になるとまるで聞こえません。コーヒーサイフォンがコポコポと沸くような音は聞こえるのに、それこそ脇を救急車が通り過ぎてもわからない。健聴者には、理解しづらい障害だと思います。

信大を受診する以前、別の大学病院で人工内耳のことを相談したことがありましたが、「面前で話ができる人は対象になりません」と言われました。意味することは、全音域で一

定以下の聴力であることが条件だということだろうと思います。私は、当時は人工内耳の適用外でした。

高音急墜型難聴は理解しづらい障害だと思います。当時の私の状況は次のようでした。

低い音は普通に聞こえます。ですので、人と話することはできます。しかし、内容がどこまで正確に理解できるかは、怪しいものです。

語音のうち、摩擦音や破裂音が聞き取れないので、母音と子音の区別がつきません。なので、聞き取れない言葉は何度繰り返されてもわかりません。実際には「声は聞こえるけれど、なにをいっているのかわからない」ということがしばしばあります。言葉は、一定の割合で聞き取れない語音があると、たちまち理解できなくなってしまうのです。連想ゲームになってしまうのです。ですので、他人と話すときは、常に相手の口元を見ながら前後の文脈から言葉を類推しないとうまく会話ができません。当然電話や、アナウンスやマイクを通じた音声はとても苦手でした。駅の構内アナウンスは音量は大きいですが内容は少しもわからないのです。病院で呼び出される時も、他人の名前との区別はつきません。

病院といえば、本当に鬼門で、医師はたいいていマスクをしているので会話ができません。なかなか聞き返しもできない相手です。自分のことならまだしも、子どもを医者につれていくのは、乗り越えられない場面があることを思うと心細く、とてもつらかったです。

私の場合、進行性の難聴でしたので、状態を他人に理解してもらうことはさらに困難を極めました。一旦、「あれはできるけどこれはできない」と伝えたことが、数年経てば変化してしまうのです。どんどん悪化していく聴力の状態を、周りに「配慮」してもらうおうと努力することは、摩擦も大きく、自分も周囲もへとへとに疲れさせることでありました。

EASを装着して1年半経った今、これらの問題は大きく改善しました。

EASのおかげですべての音域にフラット

な聞こえが戻ったことによって、言葉を音声だけで聞き取り、理解することができるようになりました。マスクをかけた人の声やアナウンスや電話の音声も聞き取ることができます。字幕のない映画も観られます。また、それまで全く聞こえなかった生活の中のさまざまな電子音も聞こえるようになりました。虫や鳥の鳴き声もよく聞こえます。スポーツをするときのホイッスルも聞こえるようになりました。それまでは勘で動いていましたが。

もちろん、すべての場面で全く問題がないわけではありませんが、困難な状況はかなり限定的になりました。

EASが音を拾える範囲は「耳」よりは狭いようで、遠くでする音は、ほかの人には聞こえていても私には聞こえないことがあります。また、音量が十分でなければ聞こえにくいです。TVなどは、他の人より少し大きい音量を必要としていると思いますし、内容によってはうまく聞き取れません。騒音下の聞き取りは、最も苦手とする場面です。騒がしい中で複数の人と会話をすることはできません。でも、静かな場所で、近い位置で、十分な音量で話してもらえればほとんど困ることはありません。

聞こえるということはありがたいことです。EASのおかげで、生活のパフォーマンスが格段と向上しました。なにより、ちょっとした機会に、人と何気ない言葉を交わすことができるというのは素晴らしいと思います。それまでは、ちょっと聞くだけ、というようなことがなかなかできませんでしたし、他人にうっかり声をかけられてしまわないように、いつも壁を作っていたような気がします。人とのつながりは、結局どれだけ心を交わしたかに尽きると思いますが、そのために、言葉を交わすことはもっとも簡単で、もっとも効果的な方法の一つです。

コミュニケーションについてさらに言及すれば、次のような感慨を持っています。

EASのおかげで、苦手な場面が限定されたことによって、障害を他人に理解してもら

うことが容易になりました。聴覚障害は、結局のところ相手に合わせてもらうしか仕方ありません。でも、合わせてもらうには限界があります。また、時と場合によりけりです。他人の善意に期待するわけにはいかないときだって、社会生活を営む以上、当然あります。

私は、接する相手には、状況が許す限り、まず第一に聴覚障害者であることを伝えるようにしています。EASを装用する前は、「ゆっくりはっきり」話してもらっても、聞き取れない言葉は聞き取れないので、相手も合わせようがないことがありました。会話の中の、聞き取れない特定の言葉だけ紙に書いて欲しい、というような要求は、難しいものがあります。結局、「障害者です」という意思表示は「伝わってなくても、悪気はないのよ」という程度の意味しかもたないことになってしまいます。今は、他人にちょっと配慮してもらえば大抵なんとかなるので、「聴覚障害者です」と伝えることは、必要にして十分な情報伝達です。

今ではEASは、私にとって社会と渡り合っていくためのなくてはならないツールになりました。EASのおかげで、私は「社会に対して能動的な聴覚障害者」になったと思います。

人工内耳の手術を受けるにあたって一番の心理的な抵抗は、残っている聴力が失われるかもしれないということでした。EASは残存聴力を温存する人工内耳ですが、術前にはリスクとして、聴力の低下、あるいは消失の可能性も示唆されました。

結果的に私は、術前当時と現在では聴力が低下しています。しかし、今まで少しずつ耳が悪くなっていく人生だったので、手術の影響なのか、手術しなくてもこうなっていたのか、あるいは複数の要因による結果なのかははっきりしないところです。とにかく、現在は裸聴での会話は困難ですが、それでも低音部にある程度の聴力は残っている、という状態です。

残存聴力はとても大切なものです。会話が

できない程度の聴こえならばなくても構わない、というものでは決してありません。人間が五感を通じてしか世界を認識できない存在である以上、音は、自分と世界の距離を測る大切なレスポンスです。ドアが閉まる音、台所仕事で水が流れる音、自分の話す声、これらがなくなるとは、自分がとても心細い存在に感じられ、一旦は確実に絶望感を味わうでしょう。

私が知っている故人は、ろう者であるため、クラクションが聞こえず交通事故で亡くなりました。環境音はとても大切です。生活の中では人工内耳を付けない時間が必ずある一定割合存在します。人工内耳を入れて聴こえを取り戻す代わりに元来の聴力は失われてしまう、というのは厳しい選択だと思います。

残存聴力活用型人工内耳での聴こえが普通の人工内耳と比べてどうであるのかは、比較の対象がないのでわかりませんが、私はEASを装用してとてもうまくいっています。言葉は最初から判りましたし、今まで聴こえていた低音部分はそのままの音質を保持したまま、今まで聴こえなかった電子音や言葉の子音の破裂音、摩擦音などが聴こえるようになりました。初めて装用したときは、例えば人の声などは、耳から入る低音と人工内耳部分の高音が2重に聴こえましたが、まことに短期間で一つの音として聞こえるようになりました。順応はとても早かったと思います。知人の声もすぐに聞き分けができるようになりました。今は、昔から知っている人は昔どおりの声に聴こえますし、新しい知人も始めから個々の声を認識できます。

今年の夏、私は反対側の耳にもEASの埋め込みをしました。理由は簡単です。左がとてもよく聞こえるようになったので、右も同じように聴こえるようになりたいと思ったからです。これが両耳ならもっといろいろな場面で状況がよくなるに違いない、というところでした。

長年ずっと、「耳さえ聞こえれば」という思いをしてきたので、「手術をすれば聴こえるよ

うになる」ことが判った今、両耳手術をしたいと願うことは自然だと思います。

半年ほど前から、騒音下での会話や講演会や会議の声、複数の会話などを聞き取りづらなのは、「人工内耳だから」というよりはむしろ「片耳だから」ではないかと思っていました。人工内耳でも、周りがうるさくても人工内耳側の耳のそばで話してもらえば聞き取ることができます。人工内耳だからといって、音を選別できないとは一概に言えないときもあるのです。

右側のEASの音入れから1ヶ月経った現在は、まだ不安定な聞こえではありますが、それでも両耳装用の効果は顕著に実感できています。最大の恩恵は、片耳だけのときより音が大きく聴こえるので、聞くことが本当に自然で楽になったことです。

期待していた騒音下の聴こえは、現時点ではやはりなかなか難しいところがありますが、それでも片耳だけのときよりは言葉は聞き取れるようになっていました。少し大きめに話してもらえば、周りの騒音にかき消されずにいられるようにもなってきました。

また、片耳のときよりある程度遠くの音も聞き取れるようになりました。また、音源の方向もなんとなくわかるようになりました。どれも、健聴者には及びませんが、片耳よりははるかに改善された状態です。

今更片耳に戻ることはできないと、音入れをしてすぐに感じるようになりました。両耳に手術をして本当によかったと思います。

私のわずかな残存聴力を大切にしてくださり、また、片耳だけでなく両耳への手術をも快く引き受けていただいた信大の宇佐美先生を始め諸先生方には、本当に感謝してもしきれないほどの恩を感じています。今回、私の身に起こったことをお話することで、同じような障害で苦しんでおられる方や、ご家族の方々への情報提供になればと思い、寄稿いたします。つたない話に最後までおつきあいいただき、ありがとうございました。

