ディープカナル補聴器のメリット

Jason A. Galster, Ph.D.
Manager of Clinical Comparative Research, Starkey Laboratories, Inc.

CIC（Completely-In-Canal ）補聴器は、耳かけ型補聴器（BTE）よりメリットがあります。

これらのメリットには、こもり感の減少(Mueller, 1994)、ユーザー満足度の増加(Ebinger et al., 1994)、風切り音増幅の減少(Fortune & Preves, 1994)、音源定位能力の向上(Best et al., 2010)が含まれます。カナル補聴器のフィッティングが BTE の形状因子より大きなメリットを提供するならば、ディープカナル補聴器フィッティングはこれらのメリットを高めると仮定できるでしょう。ディープカナルフィッティングの筆頭は、業界初の見えないカスタム補聴器（IIC：Invisible-In-The-Canal）スターキーのオトレンズです。従来、CIC は外耳道入り口から 1～2mm 内側に位置しており、一方 IIC は外耳道入口からかなり奥、フェースプレートは第二カーブに位置します。IIC の追加情報は、Van Vliet と Galster (2010) を参照下さい。

CIC、BTE 補聴器と比較したときの IIC のメリットを調査する研究プロジェクトが立ち上げられました。実験での質問事項は以下の4項目です。

1. CIC や BTE と比較して、IIC 補聴器は自分の声のこもり感は減少しますか？
2. CIC や BTE の補聴器のマイク位置と比較して、IIC 補聴器のマイク位置は、優れた音質を提供しますか？
3. CIC や BTE の補聴器と比較して、IIC 補聴器の音源定位能力は向上しますか？
4. CIC と比較して、IIC の最大安定利得は向上しますか？

聴力が正常な5人の研究参加者が、これらのアンケートの体系的調査に協力しました。すべての IIC 補聴器は、オトレンズの技術を使用しており、CIC と BTE は S シリーズ™iQ 製品です。BTE 補聴器は、フルシェルカスタムイヤモールド付、チューブサイズ 13 の標準フックを使用しました。すべてベントなし、あるいはプレッシャーベントでフィッティングしました。本論文では、評価に使用される方法論と臨床的意義のある結果を報告します。

質問 1: 自声のこもり感

会話中、その人自身の声は骨伝導を経由して外耳道の中に伝わります。補聴器装用者にとって、補聴器先端から鼓膜までの外耳道の残存容積は、自分の声が共鳴する空洞となります。つまり補聴器を装用すると、その人自身の声が補聴器を装用していない時よりも大きくなることを意味します。Mueller（1994）は、補聴器の外耳道部分を延長すると、閉塞された外耳道内の自声の音圧レベル（SPL）が減少するかもしれないと示唆しています。従って、外耳道の軟骨部までシェルがある CIC と BTE 補聴器と比較すると、IIC 補聴器は自声のこもり感の影響が減少すると期待されていました。自声のこもり感の影響を測定するために、参加者には IIC、CIC、BTE の装用/非装用時において、65 dB SPL で/i/と長く発声してもらいました。発声中の実耳裸耳特性（REUR）と実耳閉鎖特性（REOR）を記録するために Audioscan Verifit を使用ました。

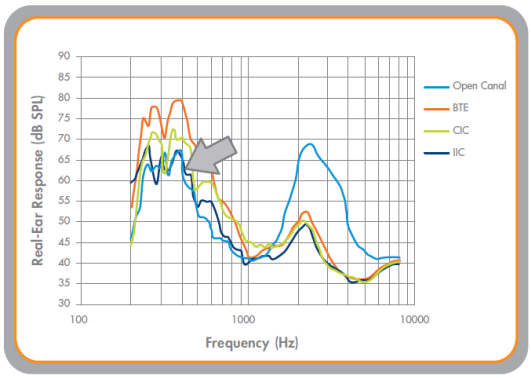

図 1.　裸耳、BTE、CIC、IIC 補聴器でフィッティングした時の平均実耳特性（dB SPL)を周波数(Hz)ごとに示します。それぞれ 65 dB SPL で/i/と発声した状態で記録されました。IIC と裸耳のデータが重なっている矢印のところに注目して下さい。

図 1 は、発声時のこもり感測定の平均値の結果を示しています。予測通り、発声による主な影響は、200～500 Hz で見られました。裸耳の結果が最も低いレベルとなりました。対照的に 3 つの補聴器のスタイルの中でも、BTE 補聴器が最も大きい発声による閉塞効果がありました。 CIC の結果はこれらの中間になり、IIC は平均的に発声による閉塞効果はほぼなくなることが示されました。これは、IIC は CIC や BTE 装用者の自声に関係するこもり感の悪影響を最小限にする優れた解決策であることを示唆しています。

質問 2: 音質

補聴器の挿入と取り外しのプロセスは、補聴器のスタイル別に対比較評価する際困難になります。そのため、特別に準備された BTE、CIC、IIC スタイルの補聴器を用い録音しました。これらの実験用補聴器の例を図 2 に示します。補聴器のマイクから直接録音するために、それぞれの補聴器はケーブルで接続されており、ユーザーはその状態で装用します。録音する音源には音声と音楽のサンプルが含まれており、ユーザーの真正面から提示されました。

参加者は Etymotic ER-3A インサートイヤホンを装用し、音質の対比較を行ないました。録音された信号は、各参加者が快適であると判断したレベルで提示されました。各実験で 2 つの刺激（A と B）の提示し、参加者は画面上のグラフィカルユーザーインタフェース（GUI）を使用して、A と B のどちらが好みかを判断しました。信号の提示、ランダム化、応答の記録は、カスタム Matlab プログラムで行なわれました。（Matlab：注記参照）

図 3 は、音質判断の結果を示しています。全ての可能な組合せで、音声と音楽で対比較を行ない、好まれた数をプロットしたものです。

図 2.　IIC と BTE 補聴器を示します。それぞれ録音用に特別に用意されました。音を録音するために、ケーブルは補聴器のマイクに接続されています。

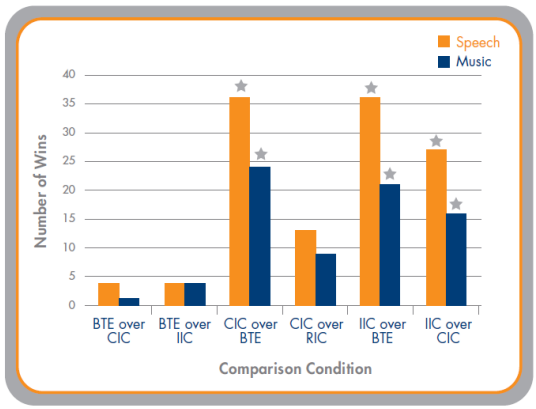

図 3.　全ての組み合わせで好みの音質を判断し、音声と音楽の好まれた数をプロットしたものです。

音声や音楽の刺激で、同様の傾向が見られました。参加者は、CIC や BTE のマイク位置と比べ、IIC のマイク位置の方が、かなり好まれることを示しました。また CIC のマイク位置も、BTE マイク位置よりも好まれました。研究参加者は、CIC と IIC は BTE 補聴器と比較すると、音質が鮮やか、あるいは豊かになると示唆しました。実験刺激のフォローアップ分析では、CIC と IIC 補聴器のマイク位置は、IIC の音質の好みに貢献する可能性のある高周波を強調するメリットがあることを示唆しています。

質問 3: 音源定位

音源定位実験には、DSL5.0で6,000 Hz までターゲット一致させプログラムした製品品質管理されたBTE、CIC、IICを使用ました。実験中、無響室において、座った参加者の真正面と真後ろにスピーカーを設置します。音場刺激の全て（音声、音楽、ブロードバンドノイズ）は、65dBSPLで校正された各スピーカーからランダム提示されます。参加者は、アップル社製iPad®のタッチスクリーンインタフェースを使用し音源の位置を特定しました。

刺激の種類とフィッティングスタイルの主な効果を分析するために、二元配置反復測定分散分析（ANOVA）を使用しました。これと他のすべての統計分析のために、αの値として0.05を使用しました。それぞれの正答率は誤差分散を抑制するために、統計分析の前に合理的逆正弦変換ユニット（RAU）に変換されました(Studebaker, 1985)。全ての数値は、解釈を容易にするために正答率形式で行ないます。

ANOVAの結果は、補聴器スタイルの有意な主効果を示し（$F_{1,3}=4.435$、$P<0.026$）、他の有意な結果はありませんでした。有意な相互作用効果は認められませんでした。さらなる解析のために、データを刺激の種類ごとに分類しました。一元配置分散分析法ANOVAを行ない、スタイルの有意な主効果が明らかになりました（$P<0.001$）。データセット内の効果をさらに調べるために、多重対比較（Tukey Test）を行ないました。分析は、CICとIIC補聴器の音源定位能力に大幅に差がないのに対し、CICとIIC補聴器の音源定位能力はBTE補聴器のそれとは大幅に異なることを示唆しています。これらの結果は、CICとBTE補聴器のフィッティングを比較したときに音源定位能力が向上することを示した以前の結果と一致しています(Best et al., 2010)。

図4に、最終的なデータ分析の結果を示します。矢印は各補聴器のスタイルとの関係を示しています。具体的には、CICとIIC補聴器はBTE補聴器に比べて音源定位能力が大幅に改善します。従って、BTE補聴器からカナル補聴器にしたユーザーの何人かは、音源定位能力が向上することが期待できるかもしれません。

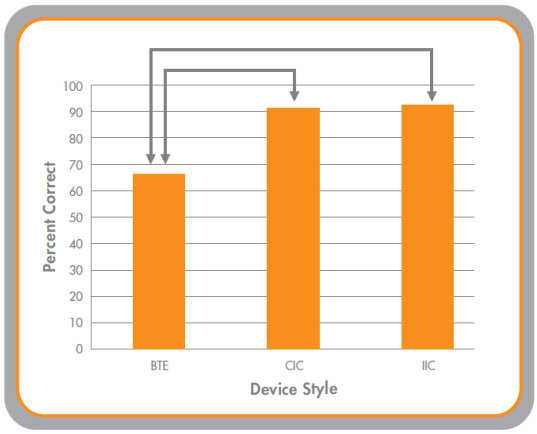

図 4. BTE、CIC、IIC 補聴器を装用した時の、前後の音源定位の正答率を示します。データは刺激の種類（音声、音楽、ノイズ）ごとに分類されたものです。データセット内の興味深い違いを矢印で示します。

質問 4: 最大安定利得

最後の研究では、CIC と比較すると IIC は利用可能な利得か改善するかを質問しました。各参加者はフィードバックキャンセラーを初期化した各補聴器を装用し、電話を耳に近づけた状態でデータを収集しました。初期化のプロセスで、補聴器の最大安定利得を予測することができます。これらのモデル化されたデータは、スタイルごとの比較に使用されました。これらの測定では、電話の位置によって、BTE 補聴器は正当な直接比較ができないと判断されました。

IIC と CIC の最大安定利得測定の結果で、IIC の最大安定利得が 1200 と 3000 Hz において大幅な改善が見られました。特に CIC と比較して、平均的に IIC のフィッティングでは 6dB 大きい最大安定利得を提供しました。この改善が、IIC のフィット感の改善、あるいは耳道の残存容積の減少の効果による補聴器機能の効率化の増加につながる

でしょう。これらの結果は、IIC 補聴器でフィッティングしたユーザーは CIC に比べ、電話を使用してもフィードバックが減る可能性があることを示唆しています。

結論

この研究では、補聴器の IIC スタイルのメリットを文書化することを目的としました。 4つの質問（自声のこもり感、音質、音源定位能力、最大安定利得）を行ないました。IIC 補聴器を BTE 、CIC 補聴器と比較し、次の結果が得られました。

BTE、CIC 補聴器と比較すると、ディープカナル補聴器は自分の声のこもり感を減少させます。

BTE、CIC 補聴器と比較すると、ディープカナルのマイク位置は音質を向上させます。

BTE と比較すると、前後の音源定位能力は、IIC と CIC は改善します。

IIC と CIC を比較すると、IIC 補聴器は電話で話す時にフィードバックの発生は減少します。

これまでは CIC 補聴器に焦点が当てられ、BTE とのメリットが比較されました。最新の補聴器テクノロジーは、より小さく、より奥に入る補聴器を可能にしました。従来の BTE や CIC 補聴器のような形状要因による明確なメリットを提供するために、これらの IIC 補聴器は装用者の耳介と外耳道特有のメリットを利用して、ユーザーに見えない補聴器を提供します。

参照

Best, V., Kalluri, S., McLachlan, S., Valentine, S., Edwards, B., & Carlile, S. (2010). A comparison of CIC and BTE hearing aids for three-dimensional localization of speech. *International Journal of Audiology,* Early Online, 1-10.

Dillon, H. (2001). Hearing Aids. New York, NY: Thieme.

Ebinger, K.A., Mueller, G.H., Holland, S.A., & Holland, J.W. (1994). Assessing the speech-understanding benefit from CIC hearing aids. *The Hearing Journal, 47*(6), 35-42.

Fortune, T. & Preves, D. (1994). Effects of CIC, ITC and ITE microphone placement on the amplification of wind noise. *The Hearing Journal, 47*(9), 23-27.

Gudmundsen, G. (1994). Fitting CIC Hearing Aids —Some Practical Pointers. *The Hearing Journal, 47*(7), 10, 45-48.

Mueller, G.H. (1994). CIC hearing aids: What is their impact on the occlusion effect? *The Hearing Journal, 47*(11), 29-35.

Studebaker, G. (1985). A rationalized arcsine transform. *Journal of Speech and Hearing Research, 28,* 455-462.

Van Vliet, D. & Galster, J.A. (2010). Invisible-In-Canal (IIC) hearing aids. Starkey Laboratories, Inc., Technology Paper.

注記：
MatlabはMathWorks社が開発している数値解析ソフトウェアでありその中で使うプログラミング言語の名称でもある。

ANOVA (analysis of variance)
分散分析

スターキージャパン株式会社
〒224-0041　神奈川県横浜市都筑区仲町台 5-2-20
TEL: 045-942-7226
FAX: 045-942-7158
http://www.starkey-japan.co.jp
0120 FreeDial 0120-045-190

WTPR0012-00-JJ-JP JPYWT-012