

# Phonak Insight



## 耳鳴り患者への対応における実耳測定的重要性

David Crowhen, Audiologist, Phonak NZ

Anna Biggins, Audiology Manager, Phonak AG

### 1. はじめに

耳鳴りは外部要因なく、耳や頭の中で起こる音の知覚に関連しています(Axelsson と Ringdahl, 1989)。耳鳴りの感じ取り方は個人で大きく異なりますが、一般的にはブー、シューまたはピーといった音で描写されます(Yonehara ら, 2006)。10%~15%の人がこのような音で耳鳴りを感じ(Axelsson と Ringdahl, 1989; Heller, 2003)、おおよそ4人に1人が耳鳴りを苦痛に感じています(Jastreboff ら, 1996)。また、人口の約2.4%が耳鳴りによってひどく疲れを感じています(Axelsson と Ringdahl, 1989)。耳鳴りは難聴と強い関連性があるため、耳鳴りが起きている周波数帯や聴力低下が見られる閾値内で起こります(Sereda ら, 2011)。しかし、耳鳴りは正常な閾値内で起こることもあります(Jastreboff と Hazel, 1993)。耳鳴りは主観的なものが多く、4%が somatosound<sup>1</sup>が起きている周波数帯(McFadden, 1982)や自発耳音響放射(Penner, 1990)に関係性が見られます。

これまで様々なモデルで耳鳴りの多面性について説明されてきましたが、神経生理学的モデルが一般的なモデルとして知られています(NP, Jastreboff, 1990)。

このモデルでは、大脳皮質下の聴覚野で異音を感知し、不快感などネガティブな感情を知覚する周辺部で感じ取った異音を耳鳴りとみなし、大脳辺縁系(情緒)が反応を起こし、耳鳴りに対する不適応な感情が生まれます。その後、注意力、知覚的ラウドネス、集中力そしてネガティブな感情が増加し続け、システムのいたるところで耳鳴りが起こり続けるループが構築されます。耳鳴りが進行すると、大脳皮質の過剰出現で引き起こる聴力低下の進行や、それと同時に引き起こる自発的活動による神経の可塑性<sup>2</sup>の変動すると考えられているので(Eggermont と Roberts, 2004)、耳鳴りを管理するのに TRT<sup>3</sup>手法(以下、TRT)を使った神経精神病学モデルが有効な枠組みとされています(Jastreboff ら, 1996)。

<sup>1</sup> so-mat-o-sound (sō-mat'ō-sownd)

周りにいる人には聞こえず、患者自身のみが聞こえる、音の高さや音量が変動する音色知覚。耳鳴りからくる二次症状との仮定説あり。

<sup>2</sup> 神経系は外界の刺激などによって常に機能的、構造的な変化を起こしており、この性質を一般的に“可塑性”と呼ぶ

<sup>3</sup> TRT (Tinnitus Retraining Therapy) 耳鳴り再訓練療法

TRT は、耳鳴りが原因で起こる恐怖やネガティブな感情を取り除くのに役立つ指示性カウンセリング（説明や情報提供）を基に構成されており、特に静かな環境下において、患者を取り囲む聴覚的背景雑音と耳鳴りの相違を減衰させるとして、この背景音のレベルを高めるサウンド・エンリッチメントを必要とします。このサウンド・エンリッチメントが耳鳴りを気づきにくくさせ、耳鳴りに順応するのを助けます(Jastreboff ら, 1996)。カウンセリングのみでなく、補聴器からサウンド・エンリッチメントを一緒に提供する方が、有効的に耳鳴りの悩みを解消できます(Searchfield ら, 2010)。補聴器の使用は一般的に聴力低下を抱える人を対象にしていますが(Vernon と Meikle, 2000; Jastreboff ら, 1996)、補聴器と組み合わせて使用する場合、静かな環境下で使用する耳鳴りのプログラムとして療法用ノイズを有効にすることが可能です。このノイズを使用するにあたり、Jastreboff と Hazel (1993)は、耳鳴りが起きている周波数帯にエネルギーがある場合は固定信号も有効的だと言及しつつも、彼らは広帯域ノイズの使用を提案しました；音刺激は不安な気持ちやレベルを増幅させることない、感情的に気にならない音であることが重要であるとしています。

耳鳴りを気づきにくくするため、耳鳴りと調和させて快適に聞こえる“ミキシングポイント”へ運ばれることが、キーとなる TRT 構成です。耳鳴りマスキングすることが順応の逆効果となる場合、使用を避けることを勧めています。調査研究によると、耳鳴りが特にひどい人には、

全体マスキングよりも部分マスキングを長期間使用した方がより良いと述べられています (Henry ら, 2006)。次の著者たちは、無効な広帯域ノイズに対し、増幅した環境音でマスキングする際、潜在的に差別的メカニズムが有効だと認識はしていますが、近年、部分マスキングと全体マスキングはいずれも同じように耳鳴りに効果的であると言われていることから(Tyler ら, 2012)、耳鳴りを抱えて且つ補聴器を使用している難聴者には、実際には全体マスキングがより有効なのではないかと考えられています(McNeil ら, 2012)。

まとめると、これらの研究によると、補聴器やノイズジェネレーターを使用するサウンド・エンリッチメントは、耳鳴りを気づきにくくさせ、且つラウドネスによる不快感を避けるため、少なくとも部分マスキングを提供できるレベルで、耳鳴りが聞こえる周波数帯で感情的に気にならない音を使用するところから始めるべきだと述べられています(Tyler, 2006)。フォナック ベンチャー補聴器は、聞き取りが困難な環境下で語音明瞭度を上げて聞こえに対する悩みを軽減してくれる最先端の機能を提供するだけでなく、耳鳴りバランスノイズジェネレーターで利用して、より静かな環境下でも耳鳴りへの気づきにくくしてくれます。

**重要メモ：** *カウンセリングは耳鳴りの問題を解決するのに極めて重要であり(Hazel, 1999; Wilson ら, 1998)、本紙では、関係する他の専門家からのアドバイスやカウンセリングも患者管理の一部であることを前提としています。*

## 2. 耳鳴りへの対処法

### 補聴器、サウンド・ジェネレーター、もしくは両方？

患者に聴力低下が見られる場合、ノイズジェネレーターで再現できる周波数帯には制限があるので、一般的には聴力低下が 6kHz までに見られる場合、まずは補聴器装用を推奨されます(Searchfield, 2006; Vernon と Meikle, 2000)。理想を言えば、耳鳴りや聴力低下が片耳だけに起こっていても、調整は両耳で行うべきです（例えば、片耳が健聴（純音聴力測定）で耳鳴りがある場合、両耳にノイズジェネレーターを設定します。片耳に聴力低下と耳鳴りがある場合、聴力低下を抱える耳には補聴器を調整し、

健聴（純音聴力測定）の耳にはノイズジェネレーターを設定します；) (Searchfield, 2006)。

補聴器の調整に関する短期的目標は、部分的に耳鳴りをマスキングし、周囲の音や言葉を増幅させることです。一方の長期的目標では、耳鳴りに対する意識や気づきを抑制することです(Searchfield, 2006)。この対処法に望ましいとされる補聴器の特徴を有利な点と注意すべき点を表 2.1 に示しています。

補聴器の特徴	有利な点	注意すべき点
オープンフィッティング	<ul style="list-style-type: none"> <li>閉塞感は減少するが耳鳴りを意識しやすい</li> <li>特に軽度難聴の場合、一般的な周囲の環境音が保持される</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ベントを設けすぎると、ハウリングのリスクや小さい入力音の利得に影響が出る</li> </ul>
測定済みハウリング・マネージメント	<ul style="list-style-type: none"> <li>ベント/オープンフィッティングを容易にする</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>設定が強の場合、人工的な音に聞こえる可能性がある</li> </ul>
複数のプログラム	<ul style="list-style-type: none"> <li>耳鳴りを気付きにくくするため、周囲雑音を増幅する一方で、いくつかの環境下においては、聞き取りが改善するよう雑音にフィルターをかけることが可能</li> </ul>	
調整可能なコンプレッション・ニーポイント/エクспанションの無効機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>周囲雑音の小さいレベルを増幅し、耳鳴りに対する意識を軽減できる</li> <li>ニーポイントの設定は 20~45 dB SPL を推奨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ハウリングリスクが増加する可能性がある</li> <li>聴力低下が大きい場合、周囲雑音がよく聞き取れない可能性がある</li> </ul>
コンプレッションのダイナミックレンジが広帯域	<ul style="list-style-type: none"> <li>大きな音を不快なレベルにまで増幅することなく、小さい音の聞き取りを改善できる</li> <li>音量調節を手動でする必要がなくなり、聞こえや耳鳴りに集中できる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンプレッション比が高い場合、言葉の明瞭性に影響を及ぼすことがある</li> </ul>
無指向性マイクロホン、モード、騒音抑制の無効が可能	<ul style="list-style-type: none"> <li>耳鳴りとブレンドさせることで周囲雑音をより多く獲得できる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>困難な聞き取りや背景雑音の環境下では、変わらず快適性問題が解決されない（無指向性と指向性のプログラムに分けることが好ましい）</li> </ul>
ノイズジェネレーターが使用可能	<ul style="list-style-type: none"> <li>中等度～高度の聴力低下の場合、静かな環境下でさらに音を提供し、耳鳴りに気付きにくくする</li> <li>安全性を保证するため、安全機能を使用することが好ましい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>音刺激を効果的なものにするため、耳鳴りの周波数帯においてエネルギーが必要</li> <li>音刺激は気にならない音を使用すべき</li> </ul>

表 2.1 補聴器の特徴に関する有利な点と注意すべき点。詳細情報は Searchfield (2006) を参照。

聴力低下や耳鳴りを抱える多くの患者にとって、音の増幅は、毎日の聞こえの環境下において、効果的に耳鳴りへの気付きにくくさせます(Searchfield, 2006)。しかし、耳鳴りをさらに取り除こうと、耳鳴りバランス・ノイズジェネレーターを有効にしたプログラムを使用する場合、患者によっては、静かな環境下で特に耳鳴りが目立ってしまうことがあります。また、耳鳴りバラ

ンス・ノイズジェネレーターは、利得やハウリングの制限により、周囲雑音が増幅されないの、中等度～高度難聴に効果的だと言われています。このような場合、騒音レベルや装用時間を確定し、その値を残存聴力に追加することで、Phonak Target の安全機能がさらなる変動リスクを最小限に抑えます。

### 3. 耳鳴り患者への対応における実耳測定的重要性

検証を含むもっとも良い調整手法は、補聴器の出力を改善させることだと言われています (Kochkin, 2011)。また、耳鳴りへの対処法として、実耳測定は、増幅とノイズの組み合わせ手法を使用すべき時を導き、効果的な部分マスキングを再現させ、さらには組合せ調整で使用するセラピーノイズは安全なレベルであり、決して不快なものではないと保証する、このような有益な情報を提供することが出来ます(Tyler, 2006)。右耳で検証した 2 つのケースで、耳鳴りの対応に関する検証手法を説明します。

#### 3.1: ケース 1 - 耳鳴りと聴力低下

ケース 1 は高域に対称的に軽度～中等度の聴力低下は見られるが(図 3.1.1-A を参照)、鳴り続ける耳鳴りに悩まされていることから、日常環境での聞き取りが難しいと訴えのあるケースです。一番気になる耳鳴りの周波数は 4000 Hz に、レベルは 6dB SL に設定しました。tinnitus handicap inventory (以下 THI; Newman ら, 1996) のスコアは 60 で、特に患者が趣味で静かな場所で読書するとき耳鳴りがひどく、患者自身をひどく疲れさせていることが分かりました。

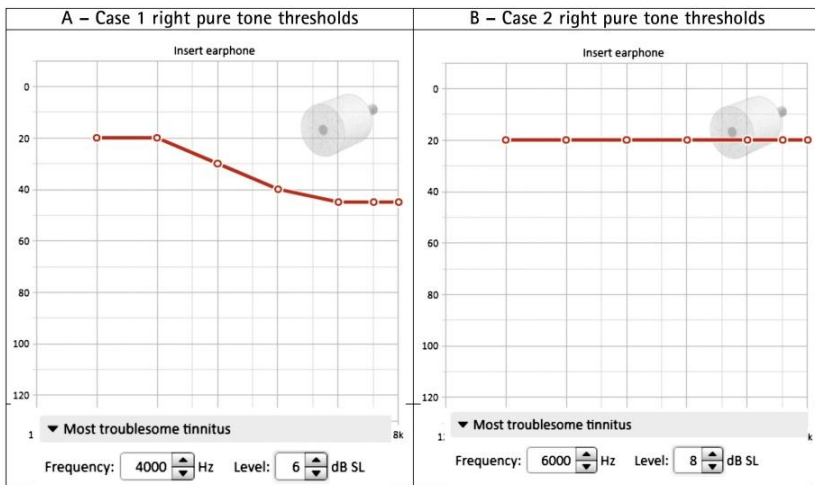
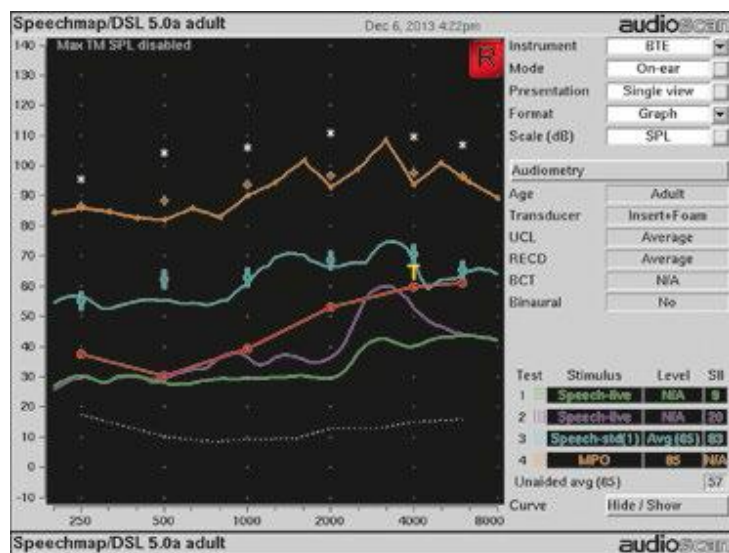


図 3.1.1. 純音聴力測定をした右耳と一番気になる耳鳴りに関する情報

聴力低下や自己評価による困難な聞こえを考慮し、オープンドームと標準タイプの x レシーバーを取り付けたフォナック オーデオを調整しました。いくつかのエビデンス (根拠) によると、NAL-NL1 に対し、DSL を使用した方が低レベルに利得をより提供することで耳鳴りが聞こえにくくなると述べられていたことから、今回のフィッティング処方方式は DSL を使用しました (Wise, 2003, Searchfield, 2006 を引用)。オートマチックプログラムのサウンドフローを一般的な毎日の聞こえとして設定し、同時に表 2.1 に沿って、読書時などの静かな環境下で使用される耳鳴りプログラムも作成しました。図 3.1.2. は耳鳴りプログラムの一般的な検証測定で、平均スピーチ (65 dB SPL, 水色の線) に対して DSL の目標利得がよく合致しています。重要なことは、MPO が想定される不快レベルを下回っているということです (オレンジの線)。

次に、私達はグラフ上 (4kHz, 6 dB SL; 黄色い T で示した耳鳴りラウドネスを知覚した一番高い部分) に一番気になる耳鳴り (以下、MTT) のマークを付け加えました。これらを行うのに、実耳機器の画面上でカーソルを使うことが出来ました。刺激項目から "Speech-Live" を選択し、AudioScan Verefit の刺激を無効にした後、検査室内の周囲雑音レベルを測定しました (緑のカーブ)。仮にありえないくらい静かな環境下だとして、Searchfeld (2006) が推奨するように、低レベルの背景雑音を 30 dB SPL に設定し、可能な限りの広帯域で小さいレベルの利得 (G(20)/TKs) が聞き取れるよう調整されました。小さい背景雑音の可聴性を意味するオープンフィッティングで小さいレベルの利得を制限しても、特に MTT の周波数帯においては効果が見られませんでした。



MPO
65 dB SPL 入力での LTASSs
一番気になる耳鳴り (MTT)
検査室内の周囲雑音レベル
30 dB SPL での背景雑音

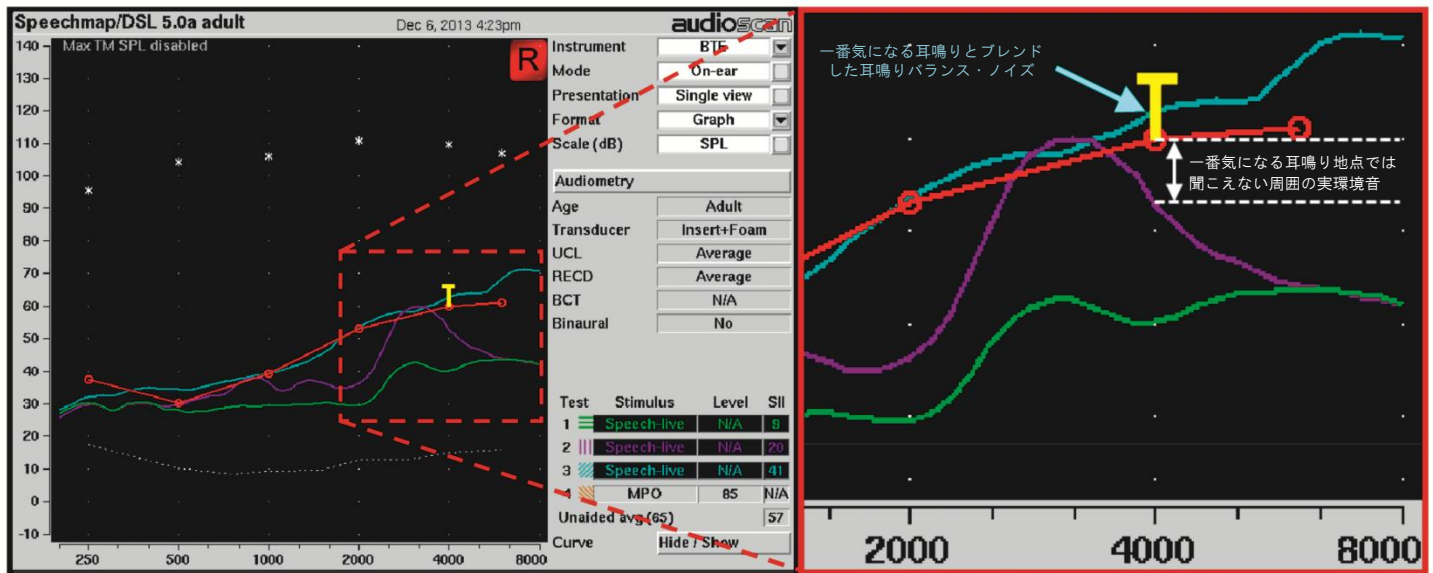
※ LTASS…Long Term Average Speech Spectrum (長期間平均スピーチスペクトラム)

図 3.1.2. 30 dB SPL の背景雑音レベルによる出力測定と耳鳴りプログラムの標準検証測定 - MTT の帯域では聞こえていない。

これに対応するべく、フォナックの耳鳴りバランス・ノイズジェネレーターを有効にし、「難聴度に設定」を選択すると、図 3.1.3 の水色の線にあるような出力カーブを記録しました。静かな環境下において、ノイズ刺激は広帯域で良い可聴性を得られ、部分マスキングをすると MTT に効果が見られました。耳鳴りプログラムを使用すると、患者は特に読書などの静かな環境下で耳鳴りから解放されると評価しました。

### 3.2: ケース 2—耳鳴りと健聴（純音聴力測定）

ケース 2 は、高音のラウドネスや耳鳴りの音色が変動し、時々聞こえが阻害されるケースです。図 3.1.1-B では、純音聴力測定の結果に MTT の周波数帯を 6 kHz に、レベルを 8 dB SL に設定したものを表示しています。耳鳴りの音量が最近増加し、THI のスコアは大きい影響を与えることを示す 75 でした。カウンセリングをしたところ、患者はノイズジェネレーターによって静かな場所で耳鳴りが気付きにくくなるか試したいと述べました。



A - 全体的な測定

B - クローズアップした耳鳴り

図 3.1.3. "聴力レベル"を入力して、耳鳴りバランス・ノイズジェネレーターの出力を測定したところ、広帯域において良い可聴性が見られ(A)、重要なことに、MTT の範囲に部分マスキングの効果が見られました (B)。

65 dB SPL 入力での LTASSs
一番気になる耳鳴り(MTT)
検査室内の周囲雑音レベル
30 dB SPL での背景雑音

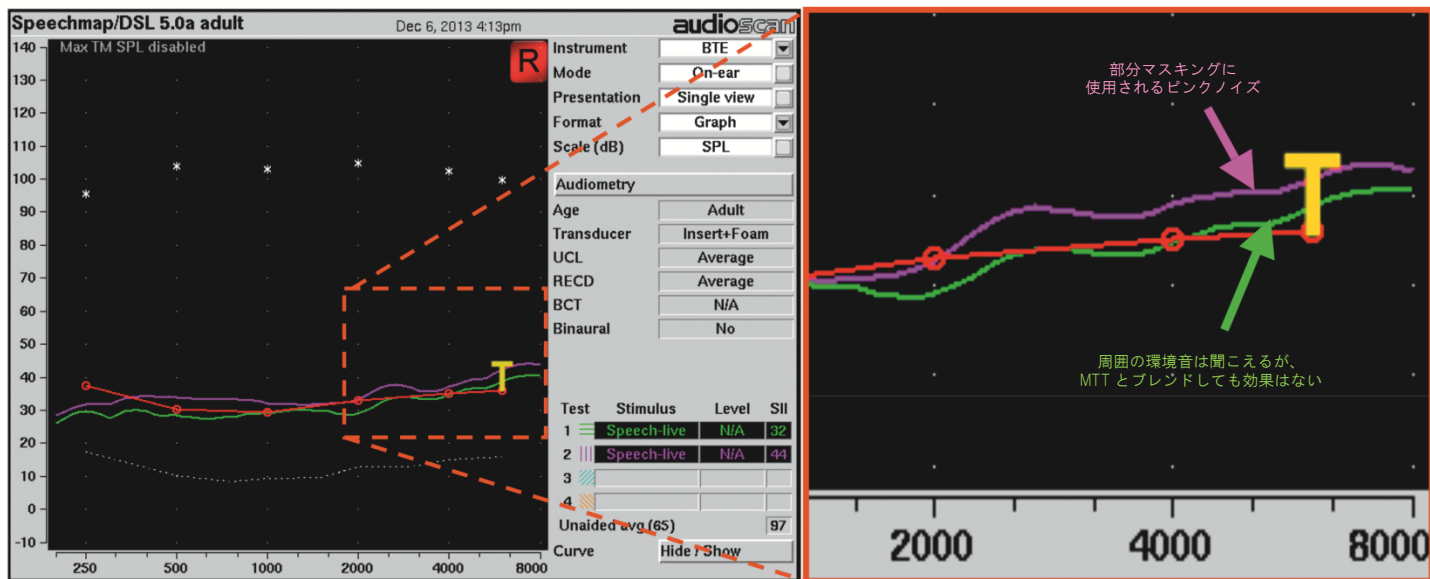
健聴（純音聴力測定）と仮定し、標準タイプの x レシーバーにオープンドームを取り付け、耳鳴りバランス・ノイズジェネレーターを有効にしたノイズジェネレーターを設定し、利得は 0 にして、両耳にオーディオを調整しました。MTT を上書きできるよう、健聴（純音聴力測定）を AudioScan Verifit に取り込み、耳鳴りの出力を測定しました（6kHz, 8 dB SL; 図 3.2.1 にあるラウドネスが一番高いところを dB SL 示した黄色いマーク）。そして、刺激メニューから"Speech-Live"を選び AudioScan Verifit から出力する音刺激を無効にした状態で検査室内の周囲雑音レベルを測定しました（緑色のカーブ、図 3.2.1）。異なる

るノイズプロファイルを試したところ（例、難聴度、ピンクノイズ、ホワイトノイズのいずれかを選択）、今回はピンクノイズが好まれました。僅かに調節をして耳道内の出力を図ると、MTT を含む周波数帯でノイズ刺激に対して良い可聴性が見られ、各 TRT に順応しやすいよう全体マスキングではなく、部分マスキングが使用されました。（紫のカーブ、図 3.2.1）。マスキングが大きくなりすぎないように制限した範囲であっても耳鳴りのラウドネスが変化することを考慮すると、ノイズレベルを調節できるようにボリュームコントロールを有効にしておくことをお勧めします。

## 4. まとめ

補聴器を調整するにあたり、実耳測定は、耳鳴りを部分的にマスキングするために行う増幅によって、十分に周囲雑音が聞こえているか確認することに使用できます。増幅だけでは効果的でない場合、TRT と増幅を組合せた使用が望ましく、実耳測定することでノイズジェネレーターによる全体マスキングではなく、部分マスキングを使用します。フォナック ベンチャー補聴器と Phonak Target が、患者の耳鳴りに適切なノイズの種類を決めるのを助けます。また、組合せが必要となる中等度～高度難聴の場合、実耳測定は、許容範囲内のノイズダメージ

リスクの基準に習い、実耳測定で得たノイズレベルを提供し、安全な使用時間へ導いてくれる Target の安全機能によって完全となります。実耳測定することで効果的に補聴器をフィッティングできると知られていますが、私たちは本紙にて、この測定結果が耳鳴りプログラムの効果を高めるためにどこに適用されるのかという技術的な内容を説明してきました。適切なカウンセリング、適切な機器そして適切な観察をすると共に、耳鳴りノイズジェネレーターがどのように働くのか客観的に測定することで、耳鳴りプログラムの重要性に価値が見い出されるのです。



A - 全体的な測定

B - 耳鳴りが発生している部分

図 3.2.1. "ピンクノイズ"で耳鳴りバランス・ノイズジェネレーターの出力を測定すると、広帯域で良い可聴性が見られ(A)、重要なこととして、MTT の範囲に部分マスキングが見られました(B)。

一番気になる耳鳴り(MTT)

検査室内の周囲雑音レベル

30 dB SPL での背景雑音

## 5. 参考文献

- Axelsson, A. & Ringdahl, A. (1989) Tinnitus – a study of its prevalence and characteristics. *British Journal of Audiology*, Vol. 23(1), 53–62
- Del Bol., L. & Ambrosetti, U. (2007) Hearing aids for the treatment of tinnitus. *Prog Brain Res*, Vol. 166, 341–345
- Eggermont, J. & Roberts, L. (2004). The neuroscience of tinnitus. *Trends in neurosciences*, Vol. 27, 676–682.
- Hazell, J. (1999). The TRT method in practice. In J. Hazell (Ed.), *Proceedings of the Sixth International Tinnitus Seminar* (pp.92 – 98). London: The Tinnitus and Hyperacusis centre
- Heller, A. J. (2003) Classification and epidemiology of tinnitus. *Otolaryngologic Clinics of North America*, Vol. 36(2), 239–248
- Henry, J.A., Schechter, M.A., Zaugg, T.L., Griest, S., Jastreboff, P.J., Vernon, J.A., Kaelin, C., Meikle, M.B., Lyons, K.S., Stewart, B.J. (2006) Outcomes of clinical trial: tinnitus masking versus tinnitus retraining therapy. *J Am Acad Audiol.*, Vol. 17(2), 104–32.
- Jastreboff, P. J., Gray, W. C. & Gold, S. L. (1996) Neurophysiological approach to tinnitus patients. *Am Journal Otol.*, Vol. 17, 236–240.
- Jastreboff, P. J. & Hazel, J. W. P. (1993) A Neurophysiological approach to tinnitus: Clinical Implications. *British J Audiol.*, Vol. 27, 7–17
- Jastreboff, P. J. (1990) Phantom auditory perception (tinnitus): Mechanisms of generation and perception. *Neuroscience Research*, Vol. 8(4), 221–251
- Kochkin, S. 2011. MarkeTrak VIII: Patients report improved quality of life with hearing aid usage. *Hearing Journal*, Vol. 64(6): pp. 25–32.
- McFadden, D. (1982) Tinnitus: Facts, theories and treatments. Washington D. C. National Academy Press, 1–150
- McNeill, C., Távora-Vieira, D., Alnafjan, F., Searchfield, G.D., Welch, D. (2012) Tinnitus pitch, masking, and the effectiveness of hearing aids for tinnitus therapy. *Int J Audiol*, Vol. 51(12), 914–919
- Moore, B., Vinay, & Sandhya, (2010). The relationship between tinnitus pitch and the edge frequency of the audiogram in individuals with hearing impairment and tonal tinnitus. *Hear Res*, Vol. 261, 51–56.
- Newman, C. W., Jacobson, G. P., & Spitzer, J. B. (1996) Development of the Tinnitus Handicap Inventory. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.*, Vol. 122(2), 143–148
- Penner, M. J. (1990) An estimate of the prevalence of tinnitus caused by spontaneous otoacoustic emissions. *Arch Otolaryngol. Head & Neck Surg*, Vol. 116, 418–423
- Searchfield, G.D. (2006) Hearing Aids and Tinnitus. In: R. S. Tyler (ed), editor. *Tinnitus Treatment: Clinical Protocols*. NewYork: Thieme.
- Searchfield, G. D., Kaur, M. & Martin, W. H. (2010) Hearing aids as an adjunct to counseling: Tinnitus patients who choose amplification do better than those who don't. *International Journal of Audiology*, Early Online, 1–6
- Sereda M., Hall D., Bosnyak D., Edmondson-Jones M., Roberts L., et al. 2011. Re-examining the relationship between audiometric profile and tinnitus pitch. *Int J Audiol*, Vol. 50, 303–312.
- Tyler, R. S., Noble, W., Coelho, C. B. & Ji, H. (2012). Tinnitus Retraining Therapy: Mixing Point and total masking are equally effective. *Ear & Hear*, Vol. 33(5), 588–594
- Tyler R.S. 2006. Neurophysiological models, psychological models, and treatments for tinnitus. In: R.S. Tyler (ed.) *Tinnitus Treatment: Clinical Protocols*. NewYork: Thieme.
- Vernon, J. A. & Meikle M. B. (2000). Tinnitus Masking. In R. Tyler (Ed.) *Tinnitus Handbook*. (pp. 313–355). San Diego: Singular Publishing Group
- Wilson, P. H., Henry, J. L., Andersson, G., Hallam, R. S., & Lindberg, P. (1998). A critical analysis of directive counseling as a component of tinnitus retraining therapy. *British Journal of Audiology.*, Vol. 32(5), 273 – 286
- Yonehara, E., Mezzalana, R., Porto, P. R.C., Bianchini, W. A., Calonga, L., Badur Curi, S. & Stoler, G. (2006) Can Cochlear implants decrease tinnitus? *International Tinnitus Journal*, Vol. 12(2), 172–174

---

## Life is on

「聞こえ」に悩むすべての人の声に耳を傾け、よりよい知識、アイデア、そして聴覚ケアをお届けする。フォニックは、人々がそれぞれの人生において、豊かな音を聞き取り、理解し、経験できるよう、これからも独創的な発想でテクノロジーの限界に挑みつづけます。

自由な交流と自信に満ちたコミュニケーション。  
豊かな人生のために、さあ Life is on !