Phonak
Field Study News

ナイーダ補聴器のステレオズームで騒音下の聴取努力を軽減

Hörzentrum Oldenburgで重度難聴者を対象として実施された脳波測定(EEG)および主観的測定では、ステレオズーム プログラムを搭載したフォナック補聴器を使用した場合、リアルイヤーサウンドを使用したより聴取努力が減少することがわかりました。

Axel Winneke, Michael Schulte, Matthias Latzel & Jennifer Appleton-Huber, 2020年2月

はじめに

難聴は聴取努力と関連性があります。難聴に悩む人は、常に会話など聞き取っている内容を「埋めよう」と試しています。
これをするには聴取努力がかかり、結果的に疲労が生じることもあります（Hornsby, 2013年）。補聴器は語音明瞭度を向上させようとしていて、そのため会話を理解するに必要な聴取努力を軽減することができます。これによって、聞き取り体験がより楽しくなり、聞き取り疲労も軽減されます。

補聴器フィッティングに関するトピックでは、聴取努力が非常に注目されています（Pichora-Fullerら, 2006年）。この興味深いアプローチは、閾値以上の強度で刺激を提示し、各補聴器/アルゴリズムおよび機能性を語音明瞭度結果から区別できないような聞き取り状況において補聴器を評価します。しかしこのような状況では、各補聴器/アルゴリズムおよび機能性により聴取努力が多少かかる場合があります。

聴取努力を測定する一つの方法としては、補聴器装用者に自己評価してもらう主観的な測定方法です。また、瞳孔測定法、各電気生理学的測定法、機能的磁気共鳴画像法（fMRI）および皮膚コンダクタンスなどの客観的な測定方法があります（McGarrigleら,2014年）。

いくつかの先行研究では、脳波（EEG）が神経レベルでの聴取努力を測定する有望なアプローチであることが示されています。脳が感覚、知覚、認知プロセスで共有されている限られた（神経）資源で活動しているという考えに基づき、聴取努力は脳波活動と関連しているという仮説があります。これは一般的に「限定資源説」（Kahneman,1973年）と呼ばれています。一方で、「努力的仮説」(Rabitt, 1968年)と呼ばれるものもあります。これは、信号処理が困難な場合には(例えば、騒音環境で会話を聞く場合や難聴を抱えた場合など)、より多くの処理リソースを感覚的なエンコーディングに割かなければならないことを示しています。これにより、より高いレベルの処理に利用できるリソースが少なくなり、聴取努力がかかってしまいます。

この仮説は最近の研究で確認されました。聴覚の信号処理やSN比を変化させることで聴取努力に与える影響を示すために脳波測定を用いた研究が行われています。脳波記録にあるα帯域の活動の低下によって聴取努力の軽減が反映されています（Winnekeら,2016年; Winnekeら,2018 年）。

フォナックが開発したステレオズームは、両耳間の指向性マイクロフォン技術を用いて、困難な聞き取り状況において狭いビームを生成します。
また、大きな背景騒音での会話においてSN比を向上させることによって、語音明瞭度/音質/雑音抑制を向上することができます(Latzelら,2015年;Appletonら, 2014年; Latzelら, 2018年)。

リアルイヤーサンド（RES、耳介の自然な指向性をシミュレートするモノラルの指向性マイク設定）とステレオズームを使用した場合を比較して、騒がしい状況において主観的な聴取努力が19%減少したことを発見しました（Winnekeら,2018年）。脳波を解析した結果、ステレオズームを使用した場合は、RESを使用した場合よりα帯域の活動が大幅に低くなることがわかりました。
これらの測定は、フォナック オーデオB90-312補聴器を装用している軽度から中等度の難聴者を対象に行われました。

目的

本研究の目的は、ステレオズーム（両耳指向性）とRES（片耳指向性）が、重度難聴者の聴取努力に異なる影響を与えるかどうかについて評価することです。脳波α周波数帯域（9～12Hz）の分析（Winnekeら、2018 年）を用いた客観的測定と、参加者に聴取努力を自己評価してもらう主観的測定を両方行いました（Krügerら,2017年）。

具体的には、フォナック ナイーダ補聴器のステレオズームとRESを比較し、騒音下における会話の聴取努力の軽減と関係性があるかどうかを評価します。

方法

参加者

本研究には、計20名の経験豊富な補聴器装用者が参加しました。女性の参加者は9名で、男性は11名でした。参加者の平均年齢は65.75歳（標準偏差（SD）＝14.07）で、全員が重度難聴者でした（基準値：良聴耳の最低平均聴力閾値は67dB HL。図1のオージオグラムを参照）。

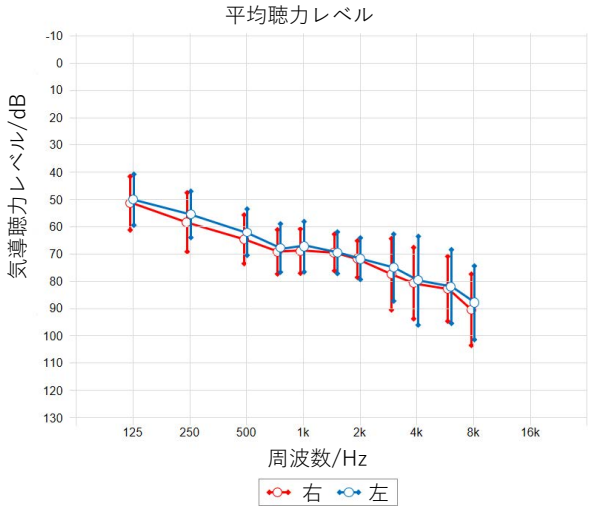

図1.参加者20人の平均気導（AC）オージオグラム。
純音の平均気導値（PTA-AC）：右：m＝71.4;SD＝5.3;左： m＝70.38;SD＝6.6）。

機器

各参加者にフォナック ナイーダB90-SP（ナイーダM90-SPと同等の性能）補聴器を装用してもらいました。参加者自身のイヤーモールドを使用しました。イヤーモールドが古くて合わない場合は、参加者自身のものと同じ通気性のある新しいものを作りました。

テストセットアップ

騒音信号は、拡散性のカフェテリアノイズで、参加者の周りに30°、60°、90°、120°、150°、180°、210°、240°、270°、300°、330°の位置に円を描くように配置された大音量スピーカーを介して67dB SPLの固定強度で提示されました。

SN比条件

SN比は0°から参加者に向けたスピーカーを介して提示される音声信号のレベルを調整することによって変更され、SRT50が各参加者に対して個別に決定されるまで調整しました。
個々のSRT50（indSRT50）に基づいて、高SN比、中SN比および低SN比条件を以下のように定義しました（Winnekeら,2019年を参照）：
高SN比 = indSRT50 + 10 dB
中SN比 = indSRT50 + 6.5 dB
低SN比 = indSRT50 + 3 dB

テスト条件
実験には、次の要素を含む3 x 2設計の6つの条件が用いられました：
SN比：高SN比 vs 中SN比 vs 低SN比
プログラム：ステレオズーム vs RES

テストパラダイム
この研究で使用した発話素材は、OLSA文マトリックステスト素材（Wagenerら,1999年）から引用したものです。OLSA文はすべて同一の構造をしていて、5つの単語カテゴリー（名前、動詞、数、形容詞、目的語）から構成されています。文章は、各カテゴリごとに10個のインスタンスを含むデータベースに基づきランダムに構成されています。参加者には3つの文（連続文）を聞いた後、タッチスクリーンを使って聴取努力を自己評価してもらいました。スケールはACALESの手順（Krügerら、2017年）に基づいて、1（とても簡単）から14（騒音のみ）までとなります。

SNR比がランダム化されていることに対し、2 つの異なるプログラムは対称的な順番でブロックごとに提示されました。つまり、参加者の半分は ステレオズームから開始し、残りの半分は RES から開始しました。各ブロックは、3つのSN比ごとに10個の三重項を持つ30個の三重項（＝90文）で構成されました。 脳活動は、24個の電極がカスタムメイドの弾性脳波キャップ（イージーキャップ、ヘルシング、ドイツ）に取り付けられた24チャンネルのワイヤレス スマート 脳波システム（mBrainTrain、ベオグラード、セルビア）を用いて記録された後、国際10–20法に従って記録データを配置されました（Jasper,1958年）。参加者がOLSA文を聞いている間、脳波は250Hzのローパスフィルター、500Hzのサンプリングレートで記録されました。続いて脳波信号のオフライン解析を行いました。この解析は、各OLSA文章の開始と同時に2500ミリ秒の時間枠に区切ってデータを記録しました。そして、9～12Hzの脳波のα周波数帯域にフォーカスしてスペクトル密度分析（3～25Hz）を同じ時間枠で実施しました。

結果

聴取努力に関する主観的評価の結果を、図 2 に示しました。RESを使用した聞き取り状況は常に、ステレオズームを使用したより多くの聴取努力が必要であることを示しています（統計的に有意な $p < 0.001$）。

個々の SRT＋3dB の最も困難なSN比にステレオズームを使用すると、騒音における聴取努力の主観的評価を向上させ、RES を使用した場合の SN比が3.5dB ほど改善したと等しくなります。SN比＝3dBの場合、RESにおける聴取努力は9.6、ステレオズームは7.3となります。これは、ステレオズームを使用した場合はRESと比較して、騒音下での聴取努力が 24%減少したことに相当します((9.6-7.3)/9.6*100 = 23.96%)。

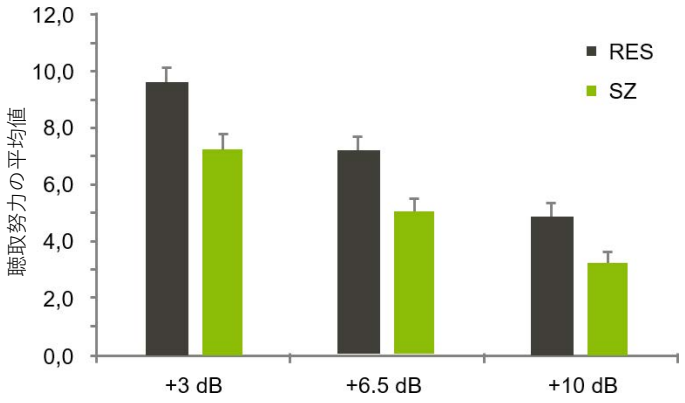

図2. 3つのSN比条件（SRT50＋3dB,＋6.5dB,＋10dB）におけるステレオズーム(SZ)とRESの聴取努力に関する主観的評価の平均値。エラーバーは標準誤差を示しています。
ESCUでの聴取努力=エフォートスケーリングカテゴリカルユニット

図3は、3つのSN比条件（個々SRT＋3dB、6.5dB、10dB）と2つのプログラム（RESとステレオズーム）の平均アルファスペクトル密度値を示しています。脳波データの質が良くないため、参加者3名の脳波データは分析から除外され、結果として17人のサンプルサイズとなりました。

これは、脳波応答のパワーがRESよりも ステレオズームの方が低く、その差がすべてのSN比において統計的に有意であることを示しています。これらの結果は、ステレオズームを使用した場合の認知努力の減少を示しています。最も簡単なSN比（10 dB）でのRES（+10 dB の白丸）のα帯域活性帯が、最も困難なSN比でのステレオズーム（+3 dB の黒丸）のα帯域活性帯とほぼ同じであることを示しています。いわゆる、騒音下のステレオズームのα帯域活動は、SN比が+7 dBでのRESに匹敵するものでした。これは、聴取努力に関連した脳活動が、RESよりもステレオズームの方が低いことを示唆しています。

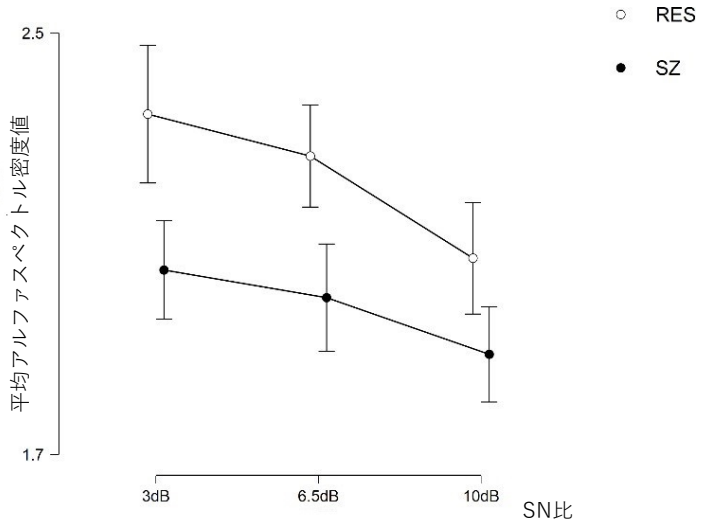

図3. 三つのSN比条件とプログラムの平均アルファスペクトル密度値。参加者全体および周波数範囲9～12Hzで平均。エラーバーは標準誤差を示しています。

結論

軽度から中等度の難聴者を対象とした以前の研究では、RESよりもステレオズームを使用した場合、騒音下の聴取努力が減少することがわかりました。これは、脳波分析により主観的にも客観的にも、同じ結論になることがわかりました。

本研究では、重度の難聴者でも上記と非常に類似した結果が得られました。特にSN比が低いレベルの場合（より困難な聞き取り状況）では、RESよりもステレオズームの主観的な聴取努力が低いことがわかりました。脳波データの解析結果（α帯域活動）は主観的な測定結果と一致しており、ステレオズーム使用時のα活動がSN比に関わらずRES使用時よりも有意に低いことが示されました。ステレオズームはより顕著な騒音抑制の効果があり、音声信号を理解しやすくなります。これは、ステレオズームを使用すると、脳によって制限されたカフェテリアノイズの干渉が少なくなるからです（限定資源説）。また、RESと比較して、ステレオズームのα帯域活動の減少にも反映されています。脳波データの分析結果は、聴取努力の減少を示しています。これは神経生理学から見ても明らかです（Strauss, 2014年）。

参考資料

Appleton-Huber, J., & König, G. (2014). Improvement in speech intelligibility and subjective benefit with binaural beamformer technology. Hearing Review, 21(11), 40-42.

Hornsby, B. W. (2013). The effects of hearing aid use on listening effort and mental fatigue associated with sustained speech processing demands. Ear and Hearing, 35(5), 523-534.

Jasper, H. H. (1958). The ten-twenty electrode system of the International Federation. Electroencephalograpy and Clinical Neurophysiology, 10, 371–375.

Kahneman, D. (1973). Attention and Effort. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall

Krueger, M., Schulte, M., Brand, T., & Holube, I. (2017). Development of an adaptive scaling method for subjective listening effort. The Journal of the Acoustical Society of America, 141(6), 4680-4693.

Latzel, M., & Appleton-Huber, J. (2015). StereoZoom - Adaptive behavior improves speech intelligibility, sound quality and suppression of noise. Phonak Field Study News, retrieved from www.phonakpro.com/evidence, accessed November 5th 2019.

Latzel, M., & Appleton-Huber, J. (2018). StereoZoom provides benefit to those with severe hearing loss. Phonak Field Study News, retrieved from www.phonakpro.com/evidence accessed November 5th, 2019.

McGarrigle, R., Munro, K. J., Dawes, P., et al. (2014). Listening effort and fatigue: what exactly are we measuring? A British Society of Audiology Cognition in Hearing Special Interest Group 'white paper'. International Journal of Audiology, 53, 433-440.

Pichora-Fuller, M., Singh, G. (2006). Effects of age on auditory and cognitive processing: implications for hearing aid fitting and audiologic rehabilitation. Trends in Amplification, 10(1), 29-59.

Rabbitt, P. (1968). Channel-capacity, intelligibility and immediate memory. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 20, 241–248.

Strauss, A., Wöstmann, M., Obleser, J. (2014). Cortical alpha oscillations as a tool for auditory selective inhibition. Front Human Neuroscience, 8(350), 1-7.

Wagener, K., Brand, T., & Kollmeier, B. (1999). Entwicklung und Evaluation eines Satztests für die deutsche Sprache II: Optimierung des Oldenburger Satztests. Zeitschrift für Audiologie (38), S. 44-56.

Winneke, A., Meis, M., Wellmann, J., Bruns, T., Rahner, S. Rennies, J., Wallhoff, F., & Goetze, S. (2016). Neuroergonomic assessment of listening effort in older call center employees. Proceedings of the 9th AAL Kongress, Frankfurt/Main.

Winneke, A., Latzel, M., & Appleton-Huber, J. (2018a). Less listening – and memory effort in noisy situations with StereoZoom. Phonak Field Study News, retrieved from www.phonakpro.com/evidence, accessed October 31st, 2019.

Winneke, A., Schulte, M., Vormann, M., & Latzel, M. (2018b). Spatial noise processing in hearing aids modulates neural markers linked to listening effort: an EEG study. Audiology Online, 1-27.

Winneke, A., Vos, M. D., Wagener, K. C., Derleth, P. Latzel, M., Appell, J., & Wallhoff, F. (2018c). Listening effort and EEG as measures of performance of modern hearing aid algorithms. Audiology Online, 1-13.

Winneke, A., Schulte, M., Vormann, M., & Latzel, M. (2019). The effect of directional microphone technology in hearing aids on neural correlates of listening and memory effort: an EEG study. Trends in Hearing. Manuscript submitted.

著者詳細

調査員

AxelWinnekeは2004年にマーストリヒト大学で生物心理学の修士号を取得し、2009年にモントリオールのコンコルディア大学で実験心理学の博士号を取得しました。研究テーマは認知と知覚の神経生理学的測定です。現在は、オルデンブルクにあるフラウンホーファーデジタルメディア技術研究所の聴覚・音声・音響技術部門で上級研究員を務めています。聴取努力に関するトピックに関心を持ち、ニューロエルゴノミクス分野の応用研究プロジェクトに取り組んでいます。

Michael Schulte は2004年からドイツのHörzentrum Oldenburg GmbHに勤務し、公的資金によるプロジェクトや産業界との協力による聴覚学的研究を担当しています。2002年、ドイツのミュンスター大学実験聴覚学研究所の生体磁性センターで博士号を取得。その後の１年間は、オランダのナイメーヘンにあるF.C. Donders Centre for Cognitive Neuroimagingでポスドクとして働いていました。彼の研究テーマは、聴覚システムの評価であり、特に聴取努力に焦点を当てています。

コーディネーター

Matthias Latzel は1995年にボーフムとウィーンで電気工学を学び、2001年に博士号を取得しました。2002年から2004年まではギーセン大学の聴覚学部門でポスドクを務めました。2011年からはドイツのフォナック社でオーディオロジー部門の責任者を務めました。2012年からは、スイスのPhonak AGの臨床研究マネージャーとして勤めています。

著者

Jennifer Appleton-Huber は、2004年にマンチェスター大学で聴覚学の修士号を取得しました。2013年までは、英国とスイスにおいて補聴器と人工内耳の分野の聴覚研究者として、成人と小児を対象に研究をしていました。現在は、フォナック本社の技術編集マネージャーを務めています。

V1./2020-09 © 2020 Sonova AG All rights reserved