

オーティコンプレイPX： 子どものコミュニケーション、 学習、社会参加への支援

要旨

難聴の子どもや十代の若者の成長や学習には、十分に音を聞いたり、コミュニケーションを満足に取れることが非常に重要です。オーティコンの小児に対するブレインヒアリングの理念と、オーティコンプレイPXの革新的な音響処理技術は、難聴の子どもたちの聴覚ニーズを支援する強力なコミュニケーションネットワークを提供します。新しいポラリスプラットフォームに搭載されたディープニューラルネットワークと高度機能により、重要な音が極めて明確かつ高解像度で届けられます。

02	序論
02	子どもや十代の若者のための聴覚技術の新機能
04	オーティコンプレイPXの背景にあるエビデンス
04	充電式補聴器に対する保護者の視点
05	オーティコンの遠隔聴覚ケア：自己決定の機会
06	オーティコンプレイPXによるコミュニケーションの強化
08	結論
09	参考文献

発行編集者



David Gordey
オーティコン A/S
小児聴覚学研究
ディレクター



Elaine Hoi Ning Ng
オーティコン A/S
応用聴覚研究センター
主席研究員

序論

今日では、難聴のある子どもや十代の若者のほとんどが近隣の学校へ通い、健聴の子どもと同様にさまざまな活動に参加しています(2018年 CRIDE)。彼らの個性、すなわちアイデンティティは、固有の経験や周囲との関係性に基づいて築かれ、周囲の人々によって支えられています(1991年 Kerby)。健聴の子どもと同じように、難聴の子どもや若者も、周囲のコミュニティとのつながりを求めています。インクルージョンと難聴児に関する研究によると、学業成績および社会的能力、そして福祉の分野において、周囲への所属意識を持つことの効果が示されています(2013年 Eriks-BrophyとWhittingham)。補聴器技術は、周囲とのつながりや社会的活動への参加に不可欠であると同時に、インクルージョンや所属意識の発展にも重要な役割を果たします。Gordey(2018年)は、難聴の子どもや十代の若者にとって、学習環境や社会環境におけるインクルージョンと所属意識が重要であると唱えました。

「快適で、安心でき、周囲に聞き入れられ、ニーズが満たされるとわかれば、リスクを恐れずに学校生活を楽しむことができます。」小学1年生の担任教師(2018年 Gordey)

優れた補聴器には、子どもや若者が自分の個性を受け入れ、将来への夢や希望を支援できる高度な音響処理技術や通信接続性、固有のデザイン、そして快適性が求められます。健聴の子どもと交流し、十分にコミュニケーションを図り、周囲の聴取環境に適応できるという自信を持つことは非常に重要です(2020年 Gordey)。

「補聴器がなかったら今の自分はないと思います。」高校2年生のジャナ(2020年Gordey)

子どもや十代の若者のための聴覚技術の新機能

偶発的な学習機会やインクルージョン、社会参加には、周囲と十分にコミュニケーションを取ることのできる聴覚技術が必要です。加えて、子どもや十代の若者は、動的かつ複雑で予測不能な聴取環境に囲まれています(2011年 Crukley他)。私たちのブレインヒアリングの理念において

は、子どもがいつ、どこで意識を集中させるべきかを判断するためには、質の高い音を聞くことが重要であると考えています。従来の補聴器技術は、音声理解を向上させる目的で、ある種の規則に基づいて音を分析し調整するため、完全な音の情景へのアクセスを制限してしまうことがあります。指向性、騒音抑制、圧縮が適用される結果として、聴取環境が制限されてしまうのです。オーティコンのブレインヒアリングの技術は、完全かつ正確でバランスのとれた音の情景を実現し、子どもが満足にコミュニケーションを図り、聞き逃したくない環境でも自信を持てるようにサポートします。

「学校では、誰かが言ったことを聞き逃してしまうのではないかと心配していました。」中学1年生のジェームズ(2020年 Gordey)

会話音声と騒音が混在した状況での聞き取りに不満を漏らす子どもや若者は多くいます。難聴のある子どもには、学校の廊下を歩きながらの友達との会話や、賑やかなカフェでの会話などは、大変な困難を伴います(2020年 Gordey)。オーティコンプレイPXは、最新かつ強力なボラリスプラットフォームを搭載し、高度に訓練されたディープニューラルネットワーク(DNN)をはじめとした先進機能のすべてを補聴器に内蔵しています。DNNは、環境内の会話音声やその他の音の複雑性を認識します。DNNは、従来の聴覚技術が採用していた規則に基づく方式とは異なるため、さまざまな聴取環境の複雑なパターンを精密に分析し、コントラストやバランスの取れた音を明瞭に表現することができます。

「廊下を歩いているときの補聴器の聞こえは特にひどいです。」中学3年生のエヴァ(2020年 Gordey)

オーティコンプレイPXには、複雑な聴取環境でのサポートを提供する新機能が含まれています。モアサウンド・インテリジェンス(MSI)は、他の音を除外することなく音声を際立たせ、背景雑音を効果的に処理するシステムを搭載しています。MSIは、3つのステップから成り立ちます(図1参照)。

1. 聴取環境のスキャンと分析

モアサウンド・インテリジェンスは、聴取環境全体を毎秒500回スキャンすることによって、すべての音と周囲の複雑性を正確に分析することができます。次に、最適化された小児設定を適用し、さまざまな聴取環境を処理するための明確なターゲットを確立します。

2. 空間クラリティ処理

聴取環境がスキャンされて分析されると、空間クラリティ処理が周囲の音を正確に整理します。空間クラリティ処理は主として2つの技術を使用しています。聞き取りやすい環境では、自然かつ正確な空間情報を再現するために、ヒトの耳介のフィルタリング機能を模倣したバーチャル外耳が有効化されます。聞き取りにくい環境では、より強力な空間バランサーに切り替わり、意味のある音が正確にバランスを保持できるように、周囲に生じる不要な騒音の処理を行います。

3. ニューラルクラリティ処理

ニューラルクラリティ処理は、1200万の現実世界の音環境から学習を完了したDNNを利用して、事実上のすべての音の詳細を分析し、音と音の間のコントラストを作り上げます。その結果、明瞭でバランスのとれた聴取環境の中ですべての音が自然に表現されるため、子どもたちは周囲の環境をより良く理解することができます。

モアサウンド・アンプリファイア(MSA)は、音響信号を装用

者のダイナミックレンジ内に最適に配置するために搭載されたオーティコンプレイPXの追加機能です。圧縮システムは今日の補聴器技術に不可欠な要素である一方、さらなる改善が求められています。音声処理経路においてMSIに従うため、MSAは明瞭でバランスの取れた高品質の音を扱うこととなります。入力された音は、4チャンネルと24チャンネルという2つの異なる経路で常に処理されます。音の中にどのような情報が含まれ、増幅時にどの解像度、つまり経路を優先すべきかを補聴器が特定します。24チャンネルパスのほうが音声信号の詳細を保持できるため、補聴器は可能な限り24チャンネルパスを優先させようとしています。必要に応じて4チャンネルパスに切り替え、その後再び高解像度の24チャンネルパスに戻ります。MSAは、MSIにより整えられたバランスの良い信号を受け取り、装用者のダイナミックレンジに応じて信号を配置します。MSAは、会話音声の詳細を保持するために正確であるべきか、急激な音量変化に対処するために高速に起動するべきかをすばやく判断します。私たちは、子どもや十代の若者のコミュニケーションや社会参加の機会を、高解像度のMSAによってサポートできると考えています。会話は装用者に応じたダイナミックレンジ内でより良く保持され、脳へは重要な聴取環境におけるより多くの音声の詳細が届けられます。

オーティコンプレイPXの最後の新機能はモアサウンド・オブティマイザー(MSO)です。MSOは、ハウリングを防止するスペクトル時間変調(STM)と呼ばれる機能を用いた高度なハウリング制御です。MSOは、小児の補聴器フィッ

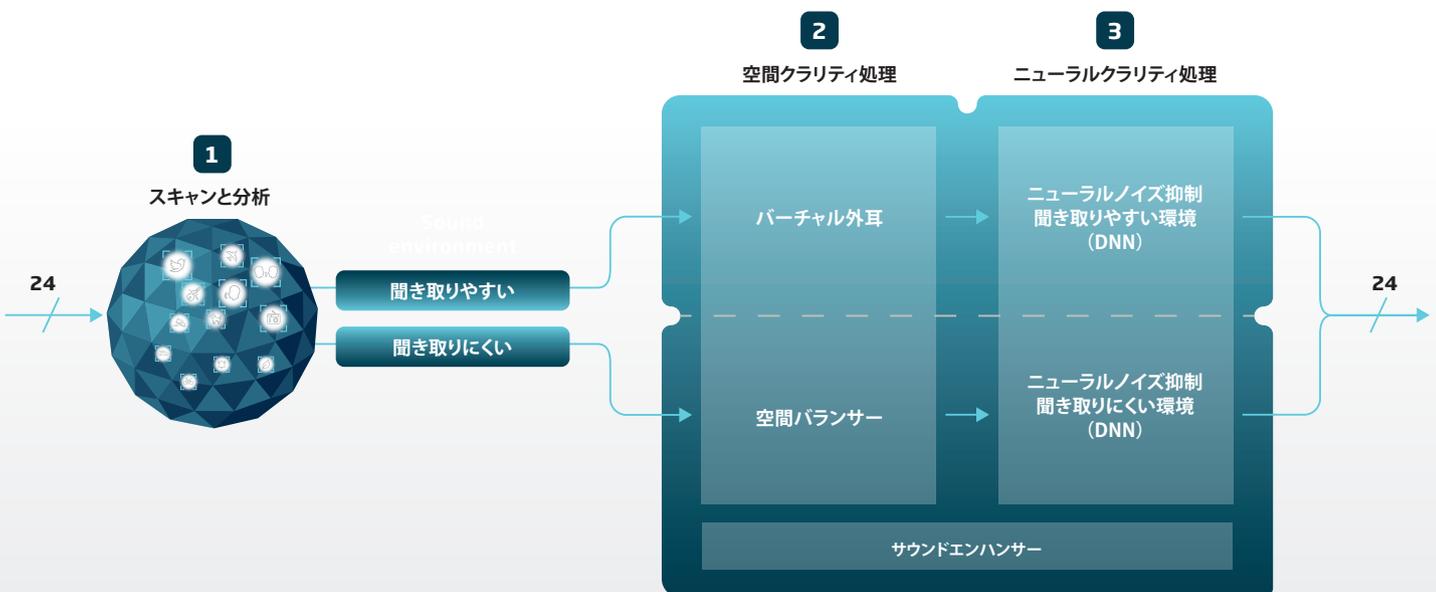


図1 MSIの3つのステップ

ティングにおいて、不要なハウリングを抑制する一方で、最適な利得を提供することができます。この機能を使用すれば、難聴の子どもや十代の若者が、補聴器を使用することに対して自信を持てるようになると考えています。

「補聴器がハウリングを起こしていることにさえ気づかないこともあります。友人に指摘されると恥ずかしいです。」高校3年生のマット

オーティコンプレイPXの背景にあるエビデンス

オーティコンの補聴器技術の進歩は、難聴の子どもや十代の若者へ、コミュニケーションの新たな機会を提供します。小児用補聴器の高度な新機能に関する研究は、聴覚医療の専門家にとっても極めて重要です。なぜならエビデンスとは、聴覚技術の評価と選択を助ける不可欠な要素であるからです。オーティコンプレイPXの開発に際しては、当社の補聴器技術と小児装用者への使用を支援するためのさまざまな研究調査が行われました。

充電式補聴器に対する保護者の視点

オーティコンプレイPXは、ミニBTEおよびミニRITEスタイルで、子どもや若者向けに最先端の充電式ソリューションを提供しています。3時間の急速充電で1日分の電力が供給できます。当社の充電式補聴器の開発に際しては、この技術に対する保護者の意見も検討されました。2019年12月、カナダのブリティッシュコロンビア州バンクーバーにおいて、補聴器を装着して聴覚リソースプログラムに参加した子どもの親を対象に調査研究が行われました。24家族が調査に回答し、充電式補聴器について意見を述べました(2020年 Gordey)。その結果、保護者は充電式補聴器の使用を強く望んでおり、67%の保護者が未就学の子どもの使用に賛成であると回答しました(図2参照)。充電

式補聴器の使用における信頼性についても質問したところ、88%の保護者が充電技術に確実性を感じていると回答しました。また、この研究に参加した保護者は、充電式補聴器の使用を望む理由についても述べています。これには、電池購入費用の節約、環境への配慮、そして毎晩の充電による補聴器動作への信頼性などが含まれていました(2020年 Gordey)。

オーティコンの遠隔聴覚ケア: 自己決定の機会

遠隔操作による聴覚ケアは、補聴器を使用する本人のほか、家族や医療従事者にとっても利点があることが示されています(2010年 Swanepoel 他)。また、遠隔医療は、補聴器の継続使用時間を延ばす促進剤として、小児医療においても使用が検討されています(2020年 Munoz 他)。オーティコンのコネクティビティパッケージの一部として、聴覚医療に携わる専門家は遠隔操作による聴覚ケアを利用できます。オーティコンのリモートケアは、装用者と専門家への技術的サポートを提供する一方で、保護者の自己決定を促す役割もあるのではないかと考えています。そこで、Rady Children's Hospitalの聴覚専門家と共同で、定性的研究が行われました。子どもの補聴器調整にオーティコンのリモートケアを含むその他の遠隔技術を使用することについての保護者の意見を聞き、そこでの利点と課題について調査することがこの研究の目的です。オーティコンの補聴器を装着した未就学児の保護者10名が、遠隔操作による補聴器の調整に参加しました。保護者は遠隔聴覚ケアについての経験と、実際の使用について感想を聞かれました。調査結果は、関係性(保護者と言語聴覚士の関係)、自律性(主体的選択)、能力(子どもの聴力や聴覚技術への理解)、コミュニケーション、そしてサポートという、5つの課題に分けられました(図3参照)。

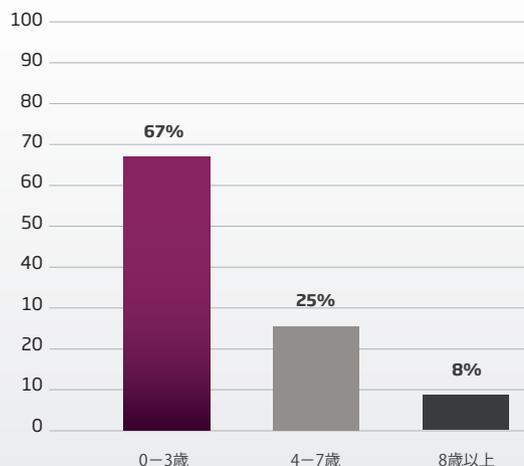


図2 保護者が子どもに充電式補聴器を使用してもよいと回答した年齢

保護者の難聴に対する知識と理解は極めて重要です。研究によると、子どもの難聴への理解と、子どもの補聴器技術を使用する自信の有無は、聴覚管理の継続性ならびに子どもの聴覚機器の使用頻度と強く相関しています(2020年 Ambrose 他)。私たちの研究によると、遠隔聴覚ケアのために言語聴覚士と専用の機会を設けることにより、保護者の理解が促進されることがわかりました。ある2歳の子どもの保護者は次のように述べています。

「特に補聴器の経験がない場合にはわからないこともありますが、メールよりも、対面で質問できるほうがはるかに安心です。遠隔聴覚ケアは自宅から参加できるので、ビデオチャットは親密に感じるような気がしています。」(2021年 Gordey)

また、保護者は、言語聴覚士と子どもの聴覚管理を共有し、自分たちの意見も反映してほしいと望んでいることもわかりました(2021年 Gordey)。この研究に参加した保護者は、遠隔聴覚ケアの使用は容易であり、通常の対面での調整に代わる非常に便利な方法であると回答しています。さらに、遠隔聴覚ケアは子どものニーズに特化した専用の機会であるため、言語聴覚士との関係を築く新たなきっかけになったという回答もありました。

以下は、1歳の子どもの持つ保護者による回答です。

「息子の日々の経験について話す中で、私たちは言語聴覚士から手厚いケアを受けているように感じました。対面の診療では、そのような話をする時間があるとは限りません。」(2021年 Gordey)

オーティコンプレイPXによるコミュニケーションの強化

研究によると、従来の補聴器技術では、周囲360度の聴取環境や、偶発学習に重要となる無意識下における傾聴が制限されてしまう可能性があります(2021年 Pittman)。周囲の聴取環境を制限することは、コミュニケーションの機会を制限することに他なりません。したがって、子どもたちが学習し、交流し、社会的関係を発展させるためには、すべての意味のある音を聞き、コミュニケーションを図ることが非常に重要です。

MSIによる聴覚およびコミュニケーションの改善効果を評価するために、Pittman(2021年)は、異なる方向から発せられる音声を、子どもが認識し想起する能力を調査しました。聴覚言語学習テスト(AVLT, 1996年 Schmidt)の12語から構成されるリストを用いて、単語の認識と記憶につい

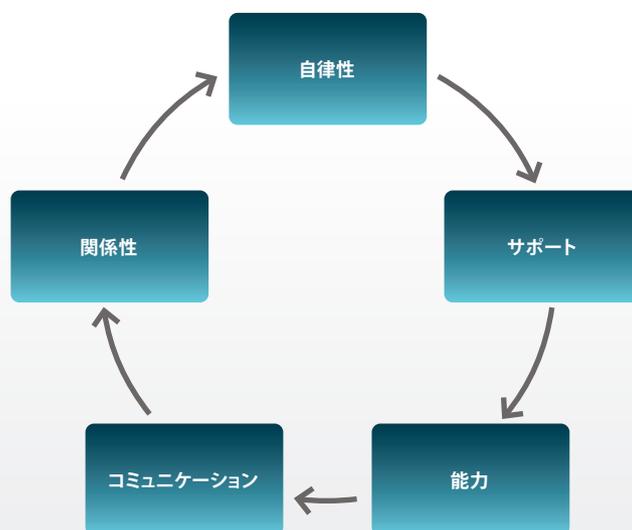


図3 遠隔聴覚ケアを利用する際の保護者の課題

て調べました。各リストの単語は、6つの位置に均等に分散され(図4参照)、1秒間の単語間間隔を空けて、70 dB SPLでランダムに発話されました。一般的な聴取環境を再現するために、等間隔に配置された3つのスピーカーからは、67 dB SPLでカフェテリアの拡散ノイズを提示しました。子どもたちは12語すべてを聞いた後、覚えている限りの単語を声に出して繰り返しますが、そうするためには、各リストの開始から約20秒間、単語を記憶に留めておく必要があることとなります。実験結果は、それぞれの方向から提示された単語を正しく想起できた割合として計算されました。この実験では、子どもたちを2つの被験者グループに分類しました。

最初の被験者グループは、年齢が10歳から15歳までの正常聴力(純音平均聴力が20 dB HL未満)の小児19名で構成されています。実験の目的は、騒音下で異なる方向から発話された単語の理解と想起について調べることでした。異なる方向からの単語理解と想起の正答率は、56%から82%の範囲に渡っていました。正常聴力の被験者でさえも、複雑な聴取環境下ではすべての単語を理解し想起することができなかったというこの結果は、実験の課題が困難であったことを示唆しています。騒音下での聞き取りがより苦手とされる難聴の子どもには、適切な補聴器を装着しても、この課題は同様に困難であることが予想されました。さらに、右側の位置から提示される単語の平均正答率(74%)は、左側から提示される単語の平均正答率(70%)よりもわ

ずかに高いことが観察されました。

2番目のグループの被験者は、11歳から15歳までの、両側対称性の軽度から中等度難聴の小児12名で構成されています。難聴児に対するMSIのコミュニケーション効果を評価するために、2つの被験者グループの成績を比較しました。MSIを有効にした場合と無効にした場合の難聴の子どもたちの成績を、健聴の子どもたちのデータと比較しました。補聴器はDSL v5の理論的根拠に基づいて調整され、MSIを有効にしたときのデフォルト設定を適用し、統計解析を行いました(多変量ANOVA、多重比較の統計的有意水準は0.008)。MSIを無効(オムニ指向性)にすると、難聴の子どもは、正面前方(左側)、真横(左側と右側)、そして後方(左側)から提示される単語の知覚と想起が、健聴の子どもよりも有意に減少しました。MSIを有効にすると、真横(左側)と後方(左側)から提示された単語についてのみ、健聴の子どもと成績が異なっていました。つまり、正面前方(左側)と真横(右側)から単語が提示されたときには、MSIの使用により、難聴の子どもたちの成績がオムニ指向性のときよりも向上したことが図5に示されています。難聴の子どもは、MSIの有効化にかかわらず、健聴の子どもと比較して、真横(左側)および後方(左側)からの単語の認知と想起が少ないことが示されました。しかし、健聴の子どもにおいても、左側から提示された単語の認知と想起の成績が右側よりも劣っていたことを考えると、この実験では難聴の子どもにおけるMSIの効果がそもそも制限されていた可能性も指摘で



図4 聴覚言語学習テストの単語が提示される6つの方向: 正面前方(左右30度)、真横(左右90度)、後方(左右150度)

きます。実際に、難聴児の被験者グループでは、右側 (64%) と比較して、左側 (41%) の単語の認識と想起が明らかに劣っていました。

さまざまな方向から発せられる音声を認識および想起できることは、言語習得だけでなく、社会的スキルやコミュニケーションスキルの発達にも不可欠です(オーティコン ホワイトペーパー、2021年 GordeyとNg)。この研究の結果は、MSIを有効にした場合のコミュニケーション機会の改善を示唆しています。これにより、小児においても私たちのブレインヒアリングの利点が明らかになったと同時に、さらに発展することが期待されます。私たちは以前に、周囲の雑音の中でターゲットとなる音声の方向がずれていたとしても、オープンサウンドナビゲーター(OSN)は騒音下における子どもの音声理解を改善することを示しました(オーティコン ホワイトペーパー、2017年 Ng)。OSNの成功に基づいて開発されたMSIは、音声異なる方向から提示されたときでも、音声認識と想起を改善することが実証されました。

結論

社会活動に参加し、交流し、社会的関係を発展させるためには、難聴の子どもや十代の若者にも周囲と同様のコミュニケーションが必要です。従来の補聴器技術では、こうしたコミュニケーションの機会を十分にサポートできないこともあります。オーティコンプレイPXの新機能は、必要な支援を提供できることが研究で示されています。オーティコンの聴覚におけるこの技術革新は、難聴の子どもや若者たちがあらゆる聴取環境の中で学び、成長し、周囲と関わっていく上で、人生を変え得る経験を提供できると信じています。

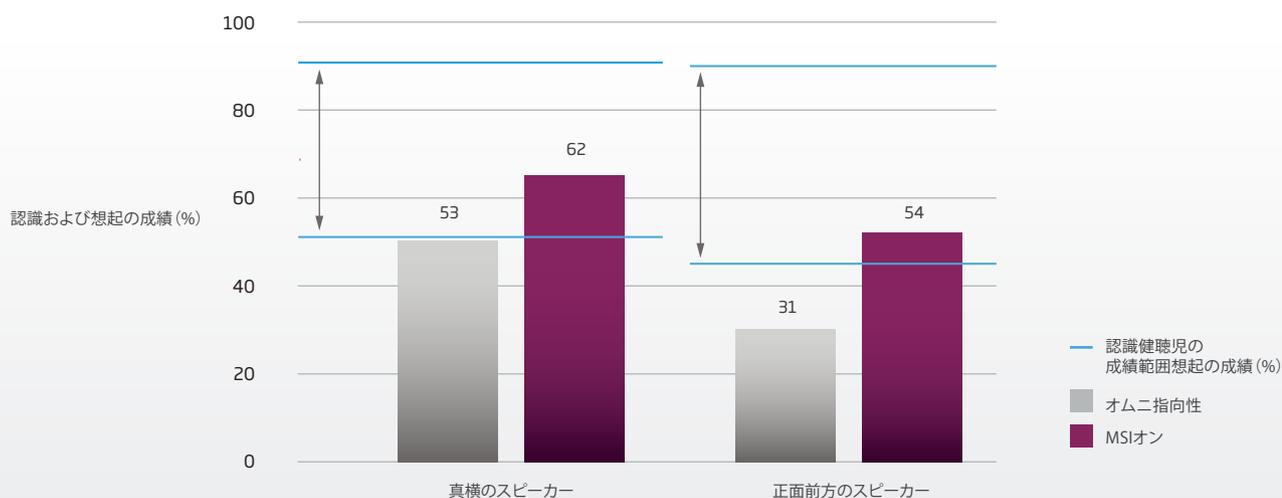


図5 難聴の子どもに対して、MSIを有効化ならびに無効化して、正面前方(左側)と真横(右側)から単語を提示したときの認識と想起の成績を表しています。青線は同じ条件下での健聴の子どもとの成績の範囲(平均値上下の1標準偏差)を示します。

参考文献

1. Ambrose, S. E., Appenzeller, M., Mai, A., & DesJardin, J. L. (2020). Beliefs and self-efficacy of parents of young children with hearing loss. *Journal of early hearing detection and intervention*, 5(1), 73.
2. Antia, S., Jones, P., Luckner, J. L., Kreimeyer, K., & Reed, S. (2011). Social outcomes of students who are deaf and hard of hearing in general education classroom. *Exceptional Children*, 77(4), 489-504. <https://doi.org/10.1177/001440291107700407>
3. Consortium for Research in Deaf Education (CRIDE). (2017). CRIDE report on 2017 survey on educational provision for deaf children. Retrieved from http://www.ndcs.org.uk/professional_support/national_data/cride.html#contentblock1
4. Crukley, J., Scollie, S., & Parsa, V. (2011). An exploration of non-quiet listening at school. *Journal of Educational Audiology*, 17(1), 23-35.
5. Eriks-Brophy, A., & Whittingham, J. (2013). Teachers' perceptions of the inclusion of children with hearing loss in general education settings. *American Annals of the Deaf*, 158(1), 63-97. <https://doi.org/10.1353/aad.2013.0009>
6. Gordey, D. W. (2018). *Teacher-Student Relatedness: The Importance of Classroom Relationships for Children with Hearing Loss*. York University.
7. Gordey, D.W. (May 19, 2020). Supporting Students who are DHH. Alberta Education PLC Virtual Conference, Edmonton, Alberta.
8. Gordey, D.W. (November 1, 2021). What Parents Want from their Audiologist. American Speech and Hearing Association Virtual Conference, Washington DC, USA.
9. Gordey, D., & Ng, E. (2021). *Paediatric BrainHearing*. Oticon Whitepaper.
10. Kerby, A.P. (1991). *Narrative and the self*. Bloomington, IN: Indiana University Press.
11. Muñoz, K., Nagaraj, N. K., & Nichols, N. (2020). Applied tele-audiology research in clinical practice during the past decade: a scoping review. *International Journal of Audiology*, 1-9.
12. Ng, E. (2017). *Benefits of OpenSound Navigator in children*. Oticon Whitepaper.
13. Pittman, A. (2021). Manuscript in preparation.
14. Schmidt M. *Rey Auditory Verbal Learning Test*. Torrance CA: Western Psychological Services; 1996.
15. Swanepoel, D. W., & Hall III, J. W. (2010). A systematic review of telehealth applications in audiology. *Telemedicine and e-Health*, 16(2), 181-200.

