

一側性難聴における騒音下聴取と補聴支援に関する文献的検討

岡野 由実
(Yumi OKANO)

【要旨】

《目的》片耳のみ難聴である一側性難聴では、騒音下において聴取困難となることが指摘されている。一側性難聴による聞こえの障害の改善のために、補聴による支援が行われているが、国内での実践は乏しく、報告も少ない。一側性難聴児・者の騒音下における聴取能と、補聴支援の実態について近年の研究動向を概観し、今後の研究課題を検討した。

《方法》データベースPubMedを用いて文献を検索し、内容を整理した。

《結果》2005年以降の文献49件が該当した。一側性難聴児・者の騒音下聴取能、補聴機器利用の実態、各デバイスの効果と限界について示された。

《結論》一側性難聴児・者への補聴支援に際しては、個の障害状況について具体的場面を聴取し、各デバイスのメリット・デメリットに関して十分にガイダンスを行った上で、装用を検討することが望ましいと考えられる。さらに、補聴機器の導入のみならず、対応行動の観点からリハビリテーション支援を検討していく必要性が示唆された。

キーワード：一側性難聴、騒音下聴取、補聴、聴覚リハビリテーション、文献的検討

I. はじめに

ヒトは両耳を有し、両耳からの情報処理を前提としており、片側耳に難聴がある場合には、良聴耳による処理が行われる。このような片側耳が正常で、対側耳に難聴のある状態を一側性難聴（UHL； unilateral hearing loss）という。難聴側の程度は軽度から重度まで多様であり、とくに、難聴側の聴力が重度難聴を呈する場合に、一側聾（unilateral deafness）、片側聾（SSD； single-sided deafness）とも呼ばれる。

近年、新生児聴覚スクリーニングの普及により、両側性難聴児と同様に新生児期から一側性難聴が発見されるようになり、1000人に0.9～1.7人^{1,2)}と先天性疾患の中では比較的高頻度に発見される。

小児における一側性難聴の約半数は先天性であり、そのうち52%が重度難聴であると報告されている³⁾。聴力低下の原因は、遺伝子の異常、先天性の中耳・外耳奇形、ウイルス感染と様々であり、一側性難聴を有

する児の約30～65%は原因不明であるとされている⁴⁾。

一側性難聴による聞こえの障害について、Harfordら⁵⁾は、主に1) 難聴側からの聴取困難、2) 騒音下での聴取能の低下、3) 両耳による音源定位の困難に集約されると報告している。とくに騒音下や難聴耳側の音源など限られた聴取場面で困難な状況が生じ⁶⁾、通常の静寂下や良聴耳側の音源に関する聴取には問題は生じないという特徴があるとされている。成人一側性難聴者を対象とした主観評価では、騒音下で最も聴取困難であると自覚しており⁷⁾、少なくとも50%の一側性難聴者が騒音下に何らかの困難感を抱えていると報告されている^{8,9)}。

一側性難聴による聞こえの障害の改善に向けて、聴覚補償機器が開発され、その適応と効果について報告されている。1960年代に、両耳聴力に左右差がある人に対するCROS（contralateral routing of signals）補聴システム¹⁰⁾が開発され、一側性難聴に対す関心

が広がり始める契機となった。1990年代には、騒音下にて聴取能が劣る一側性難聴児・者に対するFM補聴システムの効果検証が行われるようになり¹¹⁾、欧米の教育現場において積極的に導入されるようになった。2000年代に骨振動として内耳に直接音刺激を伝達するシステムを利用して、BAHA (Bone-anchored hearing aids; 骨固定型補聴器) の適応が一側性難聴者にも広がった¹²⁾。さらに、2000年代後半には耳鳴り治療を目的として成人一側性難聴者を対象とした人工内耳埋め込み術が施行されるようになり¹³⁾、同時に両耳聴効果が得られたことが注目を集め、小児に対する適応が広がりつつある。欧米では、これら補聴機器の効果検証研究が盛んに行われており、国内においても徐々に広がりを見せている。

しかし、国内においては依然、良聴耳で聴取可能であることから日常生活や言語発達において支障がない^{14,15)} との考えが根強く、一側性難聴児・者に対する補聴支援の実践は乏しい状況にある。

そこで本研究では、一側性難聴児・者が特に困難を抱えている騒音下における聴取能と、一側性難聴児・者に対する補聴支援の実態について近年の研究動向を概観し、今後の研究課題を検討することを目的とする。

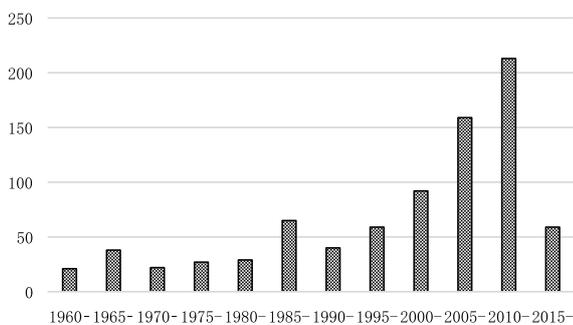


図1 一側性難聴に関する文献の年次推移；PubMed (2015年9月検索)

II. 方法

一側性難聴の騒音下での聴取能と補聴支援に関する文献を検索した。データベースはPubMedを用いた。検索式は、MeSHタームを検討した上で、第1検索語「hearing loss, unilateral」がタイトルに含まれ、第2検索語「hearing aid」「rehabilitation」「in noise」がタイトルもしくは抄録に含まれるものをそれぞれ組み合わせ検索した。言語は英語に限定した。刊行年は、2005年以降に文献数が増加したため、2005年以降とした。

検索は、2015年9月に実施した。最終的に採択された文献については、抄録内容より一側性難聴を対象としていないもの、学会抄録や総説は除外した。

最終的に採択された文献については、研究内容の類似性に基づいてカテゴリー分類し、カテゴリーごとの文献数を算出した。さらに、研究方法と対象者を整理した。

III. 結果

1. 文献検索結果

(1) 文献数の年次推移

データベースPubMedにて、「hearing loss, unilateral」で検索される文献数は824件であった。図1に文献数の年次推移を示した。2005年以降、文献数は増加の傾向を示した。

(2) 検索式による検索結果

表1に文献検索結果を示した。PubMedにより検索語を掛け合わせたところ、2005年以降のべ157件が抽出された。そのうち、重複する文献25件および一側性難聴児・者を対象としていない文献83件を除外し、49件を採択した。

表1 文献検索結果；PubMed

1 [Title]	検索語		検索数		対象外 (除外)	最終 検索数
	2 [Title/Abstract]		全年	2005年以降		
hearing loss, unilateral	×	hearing aid	93	71	-43	28
	×	in noise	77	60	-25	35
	×	rehabilitation	34	26	-15	11
上記の中で重複した文献 (除外)					-25	
			合計			49

(3) 内容の分類

表2に最終的に採択された49件の文献の研究内容分類の結果を示す。一側性難聴児・者の聴取能に関して、「騒音下聴取」が7件、「音源定位トレーニング」が2件であった。補聴機器による支援について、「補聴器の装用実態」が4件、「BAHA装用による効果」が19件、「人工内耳装用による効果」が11件、「補聴機器による効果の比較」が6件であった。「FM補聴システム」に関する文献は、本研究の検索では該当しなかった。

表2 文献のカテゴリー分類 (N=49)

内容カテゴリー	文献数
騒音下聴取	7
音源定位トレーニング	2
補聴器の装用実態	4
BAHA装用による効果	19
人工内耳装用による効果	11
補聴機器による効果の比較	6

2. 一側性難聴児・者の騒音下聴取

「騒音下聴取」に分類された7件の文献のうち、騒音下でのスピーチ理解検査を実験的に行い、併せて質問紙による主観的評価を実施した研究が3件と最も多く、実験的評価のみが2件、fMRIによる神経解剖学的検討が1件であった。対象者について、18歳未満の小児を対象とした研究が5件と多く、他2件は小児期から成人期までの幅広い年齢層を対象としていた。

Reederら¹⁶⁾は、聴取能実験を用いて、一側性難聴児と同年齢の健聴児を比較し、聴力正常者は静寂下では聴取能は99%であり、雑音下聴取能でも90%と有意な低下はみられず、一方で、一側性難聴児では静寂下の聴取能は95%に対し、雑音下条件では84%と有意に低下したと報告している。さらに、良聴耳の低周波数聴力が騒音下聴取に関連しているが、個人差が大きいことを指摘している。また、Propstら¹⁷⁾は、一側性難聴児の雑音下聴取時の脳の賦活部位について調べ、聴覚野の賦活が少なく、健聴児と異なる処理が行われていることを指摘している。

つまり、一側性難聴児・者では言語音に対する雑音の比(SN比)が著しく低下した聴取条件では、聴取困難となると言える^{18,19)}。特に、良聴耳側に騒音がある条件において、顕著に会話理解が困難となることが

指摘されている¹⁶⁾。

Hohら²⁰⁾は、一側性難聴児が騒がしい教室内で健聴児と同等の聴取成績を示すためには、教師から4.35～6.27mの座席にすることが望ましいと報告している。

一方で、Grayら²¹⁾は、6歳から53歳の先天性一側性難聴児・者を対象に騒音下聴取能を評価し、8歳以上では年齢と騒音下聴取成績の結果は強い負の相関を示し、難聴の罹患期間が短いと、聞き取りにより大きいSN比が必要とされたと報告している。つまり、難聴罹患期間が長いほど、騒音下での聴取能は改善傾向を示し、騒音下聴取場面への順応がみられることが示唆されている。

3. 補聴器の装用実態

「補聴器の装用実態」に分類された4件の文献のうち、補聴器装用下での両耳聴検査(騒音下でのスピーチ理解検査および音源定位検査)が2件、補聴器の指向性機能の効果が1件、カルテを後方視的に検討し補聴器の装用率を検討した研究が1件であった。対象は、小児例を対象とした研究が2件、成人例が2件であった。

一側性難聴児・者の難聴耳の聴力程度については多様であり、軽度～高度難聴(26～70dBHL)では、難聴耳に補聴器を装用することで両耳の聴取能の改善が図られる。

小児に対する補聴器装用効果では、騒音下でのスピーチ理解検査の結果では有意な効果はみられなかったが、主観的評価では家庭や学校において効果が認められたと報告されている²²⁾。さらに、補聴器装用開始年齢と音源定位への効果には相関があり、低年齢で補聴器を装用開始することにより両耳聴効果を高める可能性について指摘されている²³⁾。

一方で、成人例において補聴器を6ヶ月試聴した後に購入に至った一側性難聴者は68.1%に留まり、うち10.1%は部分装用であるとの報告があり²⁴⁾、補聴器の装用率は高くはない。さらに、補聴器購入の要因としては、社会活動および仕事活動であると指摘されている²⁴⁾。

4. BAHA装用による効果

「BAHA装用による効果」に分類された19件の文献のうち、装用前後の両耳聴検査結果比較による効果検証が11件(うち1件はレビュー文献)と最も多く、

質問紙による主観的評価を実施した研究が7件、カルテを後方視的に検討しBAHA装用率を検討した研究が2件であった。対象者について、一側聾患者が14件、伝音性一側性難聴患者が4件で、成人例を対象とした研究が15件、小児例が4件であった。

BAHAは、難聴側の側頭骨に骨導端子を手術によって埋め込み、骨振動として内耳に直接音刺激を伝達するシステムである。頭蓋骨内で骨伝導による伝搬は0～5dBで発生することから、一側性難聴とくに一側聾では、難聴耳側に振動端子を装着することで、理論上、良聴耳骨導での入力音により両耳聴効果が得られると考えられ²⁵⁾、一側性難聴児・者への適応が開始された。

BAHAによる効果は、難聴側からの聞き取り^{26,27)}や、特に騒音下聴取の改善について報告²⁷⁻³⁰⁾が多い。小児を対象とした評価においても、騒音下聴取の改善が報告されている^{31,32)}。ただし、音源定位については、改善するとする報告³³⁾と、改善しないとする報告^{27,29,34,35)}があり、見解は一致していないが、改善しないとする報告が多い傾向がみられた。

BAHAを装用した成人一側性難聴者の主観的評価は高く^{29,36)}、特に騒音下での聴取に効果を実感していた^{34,37,38)}。手術を受けたほとんどの患者が常時装用しており、装用後の満足度は高いと報告されている^{28,39,40)}。

しかしながら、BAHAのガイダンスを受けた成人一側性難聴者の50%は手術を希望せず^{41,42)}、試聴するも期待する効果が得られないために、50%は手術に至らなかったと報告されている^{39,42)}。つまり、約75%の一側性難聴者はBAHAの装用を希望しておらず^{42,43)}、過半数以上の一側性難聴者がBAHAへの抵抗感を示す状況が報告されていた。その理由として、Siauら⁴³⁾は、効果が限定的であること(47.3%)、外科手術を要すること(32.7%)、手術を要さない補聴器を希望(23.6%)、審美的理由(21.8%)を指摘している。さらに、全ての一側性難聴児・者に対してBAHA埋め込み術を急がないことが肝要であると考察している。

5. 人工内耳装用による効果

「人工内耳装用による効果」に分類された11件の文献のうち、人工内耳装用前後の両耳聴検査比較による効果検証が9件(うち1件はレビュー文献)と最も多く、質問紙による主観的評価を実施した研究が8件(うち6件は効果検証と重複)であった。対象者につ

いて、成人例を対象とした研究が8件、小児例が2件であった。

人工内耳は、内耳に電極を埋め込み、音刺激を電気刺激に変換して、聴神経を直接電氣的に刺激し脳へ音情報を伝達する聴覚補助システムで、重度両側性難聴者に対する治療法として開発された。当初は重度一側性難聴者の耳鳴り治療のために人工内耳が適用され、耳鳴りの改善に効果が認められている⁴⁴⁾が、補聴器の装用効果に乏しい重度一側性難聴児・者において聴取能の改善についても効果が認められるようになってきている。

難聴耳側聴取、騒音下聴取、音源定位のいずれの聴取場面においても、術前と比較し顕著に改善がみられ^{44,47)}、特に騒音下聴取において効果がみられたと報告されている⁴⁸⁾。長期的に効果は持続し⁵⁰⁾、長期使用により正常な両耳聴に近づくとの報告もある⁵¹⁾。

小児に対する人工内耳の効果については、雑音下聴取や音源定位などの聴取検査上の効果や、主観的な効果が認められ⁵²⁾、発症年齢や手術年齢の要因の関連性についても報告されている^{51,52)}。

一方で、人工内耳の聞こえは、良聴耳側では音響刺激、人工内耳側では電気刺激と両耳から異なる刺激が入力される。そのため、Hasselpassら⁵³⁾は、効果が認められるためには長期間のリハビリテーションが必要となり、効果には個人差があると指摘している。

一側性難聴児・者の人工内耳装用率に関する報告は、今回の検索においては見当たらなかった。

6. 補聴機器による効果の比較

「補聴機器による比較の比較」に分類された6件の文献のうち、CROS補聴システムとBAHAの比較が3件、人工内耳とCROS補聴システムまたはBAHAの比較が1件、レビュー文献が2件であった。すべて成人例を対象とした研究であった。

CROS補聴システムでは、難聴耳に送信機を装用し、送信コードにより良聴耳に装用した受信機付き補聴器に送り、難聴側で集音した音を良聴耳で聴取する。一般的に、良聴耳側が正常で難聴耳が補聴器の効果が乏しい重度難聴に適応される。難聴側からの聴取は改善するが、音源定位は変わらず⁵⁴⁾、騒音下聴取はあまり効果が得られなかったとの報告もある^{54,55)}。

CROS補聴システムとBAHAの効果の比較では、BAHA埋め込み術前にCROS補聴システムを試聴し、

両デバイスの効果測定を行っていた。難聴側聴取ではBAHAの方が効果が大きく⁵⁶⁾、騒音下聴取もBAHAの方が優れていると報告されている^{54,55,57,58)}。音源定位に関しては、両デバイスの差はみられていない^{54,55,58)}。主観的評価においても、BAHAの方が効果が高い傾向がみられた^{55,58)}。

人工内耳とCROS補聴システムおよびBAHAの比較では、人工内耳埋め込み術前に、BAHA（ソフトバンドで固定）もしくはCROS補聴システムを試聴し、両デバイスの効果測定を行っていた。騒音下聴取、音源定位ともに人工内耳の方が効果があり、主観的評価も人工内耳において高い結果が得られていると報告されている⁵⁹⁾。

IV. 考 察

一側性難聴に関する文献を検索し、近年増加傾向にあった。2005年以降の文献数増加の背景としては、BAHAの適応が一側性難聴児・者にも広がり¹²⁾、BAHAの効果検証研究の増加により、一側性難聴に関する研究増加につながったものと考えられる。さらに、2000年代後半には、耳鳴りを伴う重度一側性難聴者に対して、耳鳴りの治療として人工内耳埋め込み術が施行され¹³⁾、同時に両耳聴の改善も認められたことから、人工内耳の効果検証研究が急激に増加しており、近年の一側性難聴研究において中核的課題となっている傾向が示された。

一側性難聴児・者の騒音下聴取に関して、防音室内の聴取能評価に基づいて、聴取能が低下する状態が客観的に示されている。静寂下では聴取に問題は生じないものの、日常生活においては種々の騒音にさらされており、一側性難聴児・者が音環境によって聴取困難な状況にあることが推測される。一方で、客観的な聴取能検査は、防音室内の実験条件を前提としており、一側性難聴児・者が日常的に直面するコミュニケー

ションの困難さの程度を必ずしも反映しないとの指摘^{60,61)}もあり、当事者の主観的評価も併せて、個別に評価する必要があると考えられる。

騒音下聴取の改善には、FM補聴システムの導入が効果的であるとされている。FM補聴システムは、話者が持つ送信器から、難聴者の補聴器に取り付けた受信機に電波で音を伝える仕組みとなっている。騒音下であっても話者の声を直接、難聴者の耳に届けることができ、SN比を改善することができるため、補聴器や人工内耳を装着する両側性難聴児・者においては広く普及している。欧米の教育現場では、騒音下にて聴取能が劣る一側性難聴児に対してもFM補聴システムの効果が認められ¹¹⁾、積極的に導入されているが、今回検索した文献では該当しなかった。国内においても一側性難聴児へ適応した症例報告⁶²⁾がなされているが、普及はしておらず、今後、活用の幅を広げていく必要があると考えられる。しかし、騒音下での聴取は改善がみられても、理論上、難聴側聴取、音源定位についての改善はみられず、話者にマイクを持ってもらう必要があるため、使用できる場は限定的であると言える。

一側性難聴児・者の補聴器装着については、装着率は低く、客観的なエビデンスは乏しいものの、主観的評価では効果を認める報告がみられた。補聴器の適応があり、当事者が希望する場合には、試聴を開始し、その効果についてデータを蓄積していく必要があると考えられた。一方で、難聴側の聴力が高度～重度である場合、一般的な補聴器による語音聴取能の改善には限界があり、補聴器の適応は乏しいとされている。

重度一側性難聴児・者に対する補聴機器では、CROS補聴システム、BAHA、人工内耳に関する報告が得られた。表3に聴取環境と補聴機器の効果についてまとめた。一側性難聴児・者への補聴機器の導入に際しては、個の障害状況について具体的な場を聴取し、各デバイスのメリット・デメリットに関して十分

表3 聴取場面による補聴機器装着効果；デバイス別

	人工内耳	BAHA	CROS補聴システム	FM補聴システム
難聴側聴取	効果あり ^{48,50)}	効果あり ^{26,27)}	効果あり ⁵⁸⁾	—
騒音下聴取	効果あり ⁴⁷⁻⁵²⁾	効果あり ²⁷⁻³²⁾	効果なし ^{54,55)}	効果あり ^{11,62)}
音源定位	効果あり ^{46,50,52)}	効果あり ³³⁾ 効果なし ^{27,29,34,35)}	効果なし ⁵⁴⁾	—

にガイダンスを行った上で、装用を検討することが望ましいと考えられる。

一方で、BAHAと人工内耳については、侵襲性の高い方法で対応することについて、国内では議論は慎重な姿勢が取られている。また、欧米においても一側性難聴者の半数以上が機器の導入を希望していない^{39,41,42)}という点については、注目すべき課題であると言える。さらに、手術を伴わず簡便に導入できるCROS補聴システムやFM補聴システムに関しては、一側性難聴児・者が機器による効果がある聴取場面は限られており、費用対効果を考慮した結果、機器の効果や必要性を実感できない実態があることが推測される。

つまり、補聴機器の導入のみでは、一側性難聴児・者の聞こえの障害の解決には至らず、特に難聴耳が重度難聴を示す場合、一側性難聴による聞こえの障害を軽減するための対応的行動の形成が欠かせず、不十分な場合にはリハビリテーション支援の必要性があると考えられる。今後の研究課題として、補聴機器の導入のみならず、一側性難聴児・者が主体的にどのような対応をすれば聞こえの障害の軽減に繋がるか、対応行動の観点からリハビリテーション支援を検討していく必要性が示唆された。

【引用文献】

- 1) Yelverton, JC., Dominguez, LM., Chapman, DA. et al: Risk factors associated with unilateral hearing loss. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg.* 139, 59-63 (2013) Ghogomu,
- 2) 三科潤: 新生児聴覚スクリーニング. *音声言語医学* 45, 212-216 (2004)
- 3) N., Umansky, A., Lieu, JE.: Epidemiology of unilateral sensorineural hearing loss with universal newborn hearing screening. *Laryngoscope* 124, 295-300 (2014)
- 4) Therpe, AM., Sladen, DP.: Causation of permanent unilateral and mild bilateral hearing loss in children. *Trends Amplif.* 12, 17-25 (2008)
- 5) Harford, E., Barry, J.: A rehabilitative approach to the problem of unilateral hearing impairment: the contralateral routing of signals (CROS). *J Speech Hear Disord.* 30, 121-138 (1965)
- 6) Colletti, V., Fiorino, FG., Carner, M. et al: Investigation of the long-term effects of unilateral hearing loss in adults. *Br J Audiol.* 22, 113-118 (1988)
- 7) Giolas, TG., Wark, DJ.: Communication problems associated with unilateral hearing loss. *J Speech Hear Disord.* 32, 336-343 (1967)
- 8) Augustine A. M., Chrysolyte S. B., Thenmozhi K. et al (2013) Assessment of auditory and psychosocial handicap associated with unilateral hearing loss among Indian patients. *Indian.J.Otolaryngol.Head.Neck.Surg.*, 65 (2) , 120-125.
- 9) Iwasaki S., Sano, H., Nishio, S. et al: Hearing handicap in adults with unilateral deafness and bilateral hearing loss. *Otol Neurotol.* 34, 644-649 (2013)
- 10) Harford, E., Dodds, E.: The clinical application of CROS; a hearing aid for unilateral deafness. *Arch Otolaryngol.* 83, 455-464 (1966)
- 11) Kenworthy OT., Klee T., Tharpe AM.: Speech recognition ability of children with unilateral sensorineural hearing loss as a function of amplification, speech stimuli and listening condition. *Ear Hear* 11, 264-270 (1990)
- 12) Wazen JJ., Spitzer J., Ghossaini SN. et al: Results of the bone-anchored hearing aid in unilateral hearing loss. *Laryngoscope* 111, 955-958 (2001)
- 13) Van de Heyning, P., Vermeire, K., Diebl, M. et al: Incapacitating unilateral tinnitus in single-sided deafness treated by cochlear implantation. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 117, 645-652 (2008)
- 14) 日本耳鼻咽喉科学会学校保健委員会: 耳鼻咽喉科・学校保健マニュアル. 診断と治療社 (1995)
- 15) 守本倫子: 小児一側性難聴の支援. *小児科臨床* 59, 169-174 (2006)
- 16) Reeder, RM., Cadieux, J., Firszt, JB.: Quantification of speech-in-noise and sound localisation abilities in children with unilateral hearing loss and comparison to normal hearing peers. *Audiol Neurootol.* 20, 31-37 (2015)
- 17) Propst, EJ., Greinwald, JH., Schmithorst, V.: Neuroanatomic differences in children with unilateral sensorineural hearing loss detected using functional magnetic resonance imaging. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 136, 22-26 (2010)
- 18) Byun, H., Moon, IJ., Woo, SY. et al: Objective and Subjective Improvement of Hearing in Noise After Surgical Correction of Unilateral Congenital Aural Atresia in Pediatric Patients: A Prospective Study Using the Hearing in Noise Test, the Sound-Spatial-Quality Questionnaire, and the Glasgow Benefit Inventory. *Ear Hear.* 36, 183-189 (2015)
- 19) Ruscetta, MN., Arjmand, EM., Pratt, SR.: Speech recognition abilities in noise for children with severe-to-profound unilateral hearing impairment. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 69, 771-779 (2005)
- 20) Noh, H., Park, YG.: How close should a student with unilateral hearing loss stay to a teacher in a noisy classroom? *Int J Audiol.* 51, 426-432 (2012)
- 21) Gray, L., Kesser, B., Cole, E.: Understanding speech in noise after correction of congenital unilateral aural atresia: effects of age in the emergence of binaural squelch but not in use of head-shadow. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 73, 1281-1287 (2009)
- 22) Briggs, L., Davidson, L., Lieu, JE.: Outcomes of

- conventional amplification for pediatric unilateral hearing loss. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 120, 448-454 (2011)
- 23) Johnstone, PM, Nabelek, AK., Robertson, VS.: Sound localization acuity in children with unilateral hearing loss who wear a hearing aid in the impaired ear. *J Am Acad Audiol.* 21, 522-534 (2010)
- 24) Lee, DH., Noh, H.: Prediction of the use of conventional hearing aids in Korean adults with unilateral hearing impairment. *Int J Audiol.* 54, 613-619 (2015)
- 25) Stenfelt S.: Bilateral fitting of BAHAs and BAHA fitted in unilateral deaf persons: acoustical aspects. *Int J Audiol.* 44, 178-189 (2005)
- 26) Bovo, R., Prosser, S., Ortore, RP. et al: Speech recognition with BAHA simulator in subjects with acquired unilateral sensorineural hearing loss. *Acta Otolaryngol.* 131, 633-639 (2011)
- 27) Hol, MK., Kunst, SJ., Snik, AF. et al: Bone-anchored hearing aids in patients with acquired and congenital unilateral inner ear deafness (Baha CROS) : clinical evaluation of 56 cases. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 119, 447-454 (2010)
- 28) Kunst, SJ., Leijendeckers, JM., Mylanus, EA. et al: Bone-anchored hearing aid system application for unilateral congenital conductive hearing impairment: audiometric results. *Otol Neurotol.* 29, 2-7 (2008)
- 29) Hol, MK., Bosman, AJ., Snik, AF. et al: Bone-anchored hearing aids in unilateral inner ear deafness: an evaluation of audiometric and patient outcome measurements. *Otol Neurotol.* 26, 999-1006 (2005)
- 30) Hol, MK., Snik, AF., Mylanus, EA. et al: Does the bone-anchored hearing aid have a complementary effect on audiological and subjective outcomes in patients with unilateral conductive hearing loss?. *Audiol. Neurotol.* 10, 159-168 (2005)
- 31) Christensen, L., Richter, GT., Dornhoffer, JL.: Update on bone-anchored hearing aids in pediatric patients with profound unilateral sensorineural hearing loss. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 136, 175-177 (2010)
- 32) Christensen, L., Dornhoffer, JL.: Bone-anchored hearing aids for unilateral hearing loss in teenagers. *Otol Neurotol.* 29, 1120-1122 (2008)
- 33) Wasarg, T., Aschendorff, A., Laszig, R., et al: Comparison of speech discrimination in noise and directional hearing with 2 different sound processors of a bone-anchored hearing system in adults with unilateral severe or profound sensorineural hearing loss. *Otol Neurotol.* 34, 1064-1070 (2013)
- 34) Newman, CW., Sandridge, SA., Wodzisz, LM.: Longitudinal benefit from and satisfaction with the Baha system for patients with acquired unilateral sensorineural hearing loss. *Otol Neurotol.* 29, 1123-1131 (2013)
- 35) Priwin, C., Jonsson, R., Hultcrantz, M. et al: BAHA in children and adolescents with unilateral or bilateral conductive hearing loss: a study of outcome. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 71, 135-145 (2007)
- 36) Kunst, SJ., Hol, MK., Mylanus, EA. et al: Subjective benefit after BAHA system application in patients with congenital unilateral conductive hearing impairment. *Otol Neurotol.* 29, 353-358 (2008)
- 37) Kompis, M., Pfiffner, F., Krebs, M. et al: Factors influencing the decision for Baha in unilateral deafness: the Bern benefit in single-sided deafness questionnaire. *Adv Otorhinolaryngol.* 71, 103-111 (2011)
- 38) House, JW., Kutz, JW. Jr., Chung, J. et al: Bone-anchored hearing aid subjective benefit for unilateral deafness. *Laryngoscope.* 120, 601-607 (2010)
- 39) Pennings R. J., Gulliver M., Morris D. P. (2011) The importance of an extended preoperative trial of BAHA in unilateral sensorineural hearing loss: a prospective cohort study. *Clin Otolaryngol.* 36 (5) , 442-449.
- 40) Gluth, MB., Eager, KM., Eikelboom, RH. et al: Long-term benefit perception, complications, and device malfunction rate of bone-anchored aid implantation for profound unilateral sensorineural hearing loss. *Otol Neurotol.* 31, 1427-1434 (2010)
- 41) Saroul, N., Akkari, M., Pavier, Y. et al: Baha-mediated rehabilitation of patients with unilateral deafness: selection criteria. *Audiol Neurotol.* 19, 85-90 (2014)
- 42) Andersen, HT., Schroder, SA., Bonding, P.: Unilateral deafness after acoustic neuroma surgery: subjective hearing handicap and the effect of the bone-anchored hearing aid, *Otol Neurotol.* 27, 809-814 (2006)
- 43) Siau, D., Dhillon, B., Andrews, R. et al: Bone-anchored hearing aids and unilateral sensorineural hearing loss: why do patients reject them? *J Laryngol Otol.* 129, 321-325 (2015)
- 44) Ramos, MA., Falcon, GJC., Manrique M. et al: Cochlear implants as a treatment option for unilateral hearing loss, severe tinnitus and hyperacusis. *Audiol Neurotol.* 20, 60-66 (2015)
- 45) Blasco, MA., Redleaf, MI.: Cochlear implantation in unilateral sudden deafness improves tinnitus and speech comprehension: meta-analysis and systematic review. *Otol Neurotol.* 35, 1426-1432 (2014)
- 46) Firszt, JB., Holden, LK., Reeder, RM. et al: Auditory abilities after cochlear implantation in adults with unilateral deafness: a pilot study. *Otol Neurotol.* 33, 1339-1346 (2012)
- 47) Stelzig, Y., Jacob, R., Mueller, J.: Preliminary speech recognition results after cochlear implantation in patients with unilateral hearing loss: a case series. *J Med Case Rep.* 5, 343-1947-5-343 (2011)
- 48) Vermeire, K., Van de Heyning, P.: Binaural hearing after cochlear implantation in subjects with unilateral sensorineural deafness and tinnitus. *Audiol Neurotol.* 14, 163-171 (2009)
- 49) Tavora-Vieira, D., Boisvert, I., McMahon, CM. et al: Successful outcomes of cochlear implantation in long-term unilateral deafness: brain plasticity? *Neuroreport.* 24, 724-729 (2013)
- 50) Hassepas, F., Aschendorff, A., Wesarg, T. et al:

- Unilateral deafness in children: audiologic and subjective assessment of hearing ability after cochlear implantation. *Otol Neurotol*. 34 (1), 53-60 (2013)
- 51) Tavora-Vieira, D., Marino, R., Acharya, A. et al: The impact of cochlear implantation on speech understanding, subjective hearing performance, and tinnitus perception in patients with unilateral severe to profound hearing loss. *Otol Neurotol*. 36, 430-436 (2015)
- 52) Tavora-Vieira, D., Rajan, GP: Cochlear implantation in children with congenital and noncongenital unilateral deafness: a case series. *Otol Neurotol*. 36, 235-239 (2015)
- 53) Hassepass, F., Schild, C., Aschendorff, A. et al: Clinical outcome after cochlear implantation in patients with unilateral hearing loss due to labyrinthitis ossificans. *Otol Neurotol*. 34, 1278-1283 (2013)
- 54) Baguley, DM., Bird, J., Humphriss, RL. et al: The evidence base for the application of contralateral bone anchored hearing aids in acquired unilateral sensorineural hearing loss in adults. *Clin Otolaryngol*. 31, 6-14 (2006)
- 55) Lin, LM., Bowditch, S., Anderson, MJ. et al: Amplification in the rehabilitation of unilateral deafness: speech in noise and directional hearing effects with bone-anchored hearing and contralateral routing of signal amplification. *Otol Neurotol*. 27, 172-182 (2006)
- 56) Devi, N., Chatni, S., Ramadevi, KJ. Et al: Comparison of performance of transcranial contralateral routing of signal, pre-implanted trimmer digital and digital bone anchored hearing aid in adults with unilateral hearing loss. *Audiol Res*. 15, 133 (2015)
- 57) Bishop, CE., Eby, TL.: The current status of audiologic rehabilitation for profound unilateral sensorineural hearing loss. *Laryngoscope*. 120, 552-556 (2010)
- 58) Hol, MK., Kunst, SJ., Snik, AF. et al: Pilot study on the effectiveness of the conventional CROS, the transcranial CROS and the BAHA transcranial CROS in adults with unilateral inner ear deafness. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 267, 889-896 (2010)
- 59) Arndt, S., Aschendorff, A., Laszig, R. et al: Comparison of pseudobinaural hearing to real binaural hearing rehabilitation after cochlear implantation in patients with unilateral deafness and tinnitus. *Otol Neurotol*. 32, 39-47 (2011)
- 60) Araujo, PG, Mondelli, MF., Lauris, JR. et al: Assessment of the auditory handicap in adults with unilateral hearing loss. *Braz J Otorhinolaryngol*. 76, 378-383 (2010)
- 61) Wie, OB., Pripp, AH., Tvette, O.: Unilateral deafness in adults: effects on communication and social interaction. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 119, 772-781 (2010)
- 62) 小淵千絵, 廣田栄子: 一側性難聴児における雑音下での文聴取能力とFMシステム利用の効果. *Audiology Japan* 57, 143-150 (2014)

(2017年10月6日受付、2017年12月4日受理)

Listening in noise and amplification for unilateral hearing loss : a systematic review

Yumi OKANO

【Abstract】

Objectives: Unilateral hearing loss makes it difficult to effectively listen in noisy environments. In Japan, there are few reports of amplification for unilateral hearing loss. I investigated recent research trend in the world about the noise listening ability and the effect of amplification for unilateral hearing loss.

Methods: Systematic review; using PubMed

Results: In total, 49 documents relating to this subjects were studied. These studies reported on the noise listening ability, the situations requiring amplification usage, and the effect and limitation of each device.

Conclusions: When the amplification is applied to unilateral hearing loss, it might be necessary to provide sufficient guidance on the evaluation of the hearing situation and advantage/disadvantage of each available amplification device. It was suggested that rehabilitation programs on coping strategies should be considered in addition to adapting to the use of amplification devices.

Keywords : unilateral hearing loss, listening in noise, amplification, hearing rehabilitation, systematic review

Department of Speech, Language and Hearing Therapy, Mejiro University