

高音急墜型難聴に対する周波数変換型補聴器の適用

研究分担者：坂田英明 目白大学保健医療学部言語聴覚学科 教授

研究協力者：富澤晃文 目白大学保健医療学部言語聴覚学科

研究要旨

高音急墜型難聴に対する聴覚補償デバイスの一つである、LFT（リニア移調）による周波数変換型補聴器の適用について語音聴取の点から検討した。2000Hz以上の聴力レベルが70dB以上である高音急墜型感音難聴をもつ5名を対象に、LFT方式の補聴器を実生活で試聴した上で聴取効果の評価を行った。LFTにより2000Hzの装用閾値は改善した一方で、語音聴取成績は単音節、単語、日常生活文のいずれにおいても聴取改善はみられず、ノイズ下においても同様の結果であった。LFTによって2000Hzの聴取が改善したにも関わらず、語音聴取が向上しなかった理由として、周波数シフトに伴い異聴が生じたことが原因と考えられた。

聴覚補償デバイスには、人工内耳、EAS、補聴器がある。一つ目の候補として、人工内耳電極により高音域を、音響的増幅により低音域の音情報を伝えるEAS（Electro acoustic stimulation；残存聴力活用型人工内耳）が挙げられる。二つ目の候補として、周波数変換増幅の機能をもつ一部のデジタル補聴器が挙げられる。この周波数変換増幅とは入力信号を異なる周波数に変換して出力する増幅方式を指すが、1990年代後半にイスラエル製の一部のデジタル補聴器に用いられ始めた。またEAS選択との関連においてもさらなる検討が必要と思われる。

A. 研究目的

高音急墜型感音難聴においては高周波数帯が聴取困難となり、語音の受聴明瞭度が低下する。小寺ら（1995）は高音急墜難聴者36例の単音節明瞭度検査による語音弁別能検査の結果から、日本語の会話理解には少なくとも2000Hzまで聴力正常であることが必要と述べている¹⁾。では2000Hz以上の聴力が損失した高音急墜型難聴への聴覚補償には、どのようなデバイスを適用すべきか。現在、聴覚補償デバイスには、人工内耳、EAS（Electro acoustic stimulation；残存聴力活用型人工内耳）システム、補聴器の3つがある。特徴的なデバイスとして、高音域を人工内耳電極によって、低音域の音響的増幅によって音情報を伝えるEASが挙げられる（宇佐美、2010）²⁾。他のデバイスとして、周波数変換増幅の機能をもつ一部のデジタル補聴器が挙げられる。この周波数変換増幅とは入力信号を異なる周波数に変換して出力する増幅方式を指し、1990年代半ばにイスラエル製の一部のデジタル補聴器に試みられ始めた。周波数変換増幅は補聴器である故に非侵襲的であるという利点を持ち、EAS適用にあたっては、これらの補聴器の効果を対比して両者の適用の境界についての検討することが必要と思われる。

現在、改良型の周波数変換増幅が海外の複数のメーカーで扱われており、日本で入手可能な数器種がこの機能を有している。現技術での周波数変換増幅は2つに大別され、NFC（Nonlinear Frequency Compression；ノンリニア周波数圧縮）方式とLFT（Linear Frequency Transposition；リニア移調）方式がある（S. Launer and O. Bürkli, 2007）³⁾。NFC方式は、ある一定の周波数以上の高音域帯を低音域帯に帯域幅を圧縮させて増幅する方式である。LFT方式は、一定の帯域幅の高周波数帯を、帯域幅を圧縮せずに低い周波数帯に移調させて、移調先の帯域に重ねて増幅させる方式である（図1）。この周波数シフトは原音の周波数構成を変更するために異聴も危惧されるところであり、さまざまな聴力型への適応や聴取効果に関してまだ一定の見解はない。昨年度の報告で、両方式の音響的検証を行ったところ、NFC方式では1000Hz以上の帯域にとどまり、1000Hz以下に達しないため不適である一方、LFT方式は1000Hz以下にまで達するという結果が得られた。そこで本研究では、2000Hz以上に聴力障害がある高音急墜型難聴に対するLFTによる周波数変換増幅の適用について、追加症例を加えて聴取効果の検討を行うこととした。

B. 研究方法

2000Hz 以上の聴力レベルが 70dBHL 以上である高音急墜型の難聴者 5 名（症例 A～E）を対象とした。語音聴取については、2000Hz の周波数変換増幅オン/オフの補聴器装用閾値と語音聴取成績を補聴器装用下（症例 A～E は両耳装用下、症例 E のみ片耳装用下）で調べた。被験者について、症例 A は 36 歳（難聴原因不明）、症例 B は 15 歳（難聴原因不明）、症例 C は 11 歳（新生児仮死）、症例 D は 15 歳（髄膜炎後遺症疑い）、症例 E は 18 歳（SLC26A4 遺伝子異常、先天性サイトメガロウィルス感染）で、性別は全員、女性であった。

本研究で用いた補聴器は WIDEX 社のもので、移調開始周波数を可変できる LFT 機能（オーディビリティ・エキステンダー）を有する耳かけ形の器種（Mind-9、Mind-19、Clear-9）のいずれかであった。被験者に 2～4 週間、実生活で試聴させた後に、補聴器装用下の語音聴取成績を、単音節（67-S）、単語（CI-2004 成人用単語）、日常生活文（CI-2004 成人用日常生活文）を材料に、それぞれスピーカからの提示レベルを 70dB SPL とし、ノイズ負荷あり/なし（S/N 比 = +10dB）の条件下で比較した。周波数変換による音の主観的な印象評価については、面接にて自由に回答してもらった。

さらに補聴器の出力語音を録音し周波数成分の解析も行った。録音は普通積分型騒音計（Aco.Type6226）のマイクロホンに HA-2 カプラを結合して補聴器（Mind-9）をはめこんだ。騒音計の交流出力を、オーディオインターフェースを介してパソコンに接続した。スピーカから 67S 単音節を LFT の補聴器に提示し、パソコンのハードディスクに記録された出力音を、音響解析ソフト Acoustic Core 8 にてサウンドスペクトログラム（広帯域分析、分析周波数 20msec）を作製した。

（倫理面への配慮）

本研究のすべてにおける検査は、口頭にて十分な説明を行い被験者の事前の同意が得られるもののみとした。研究については分担研究者所属の倫理委員会の審査をへて許可されている。

C. 研究結果

語音聴取について、図 2 に被験者の純音オーディオグラム、67-S 語表による最高語音明瞭度、LFT あり/なしの補聴器装用閾値を記した。LFT によって、2000Hz の補聴器装用閾値の改善がみられた。

語音聴取の結果を、図 3 に示した。LFT オフ

ノオンの比較では、単語、日常会話文はほぼ同等の成績であったが、LFT オンによって単音節の受聴明瞭度は低下していた。この傾向は、ノイズあり/なしに関わらずみとめられた。症例別の結果（図 4）をみると、検査語音の種類とノイズの影響について一定の傾向はみられなかった。異聴には、/ス/→/ク/のような同列母音の子音異聴や、/ニ/→/ヌ/、/キ/→/ク/のようなイ列音のウ列音への異聴のほか、/バ/→/ボ/、/ガ/→/ゴ/、/ア/→/オ/といったア列音のオ列音への異聴がみとめられた。主観的な音の印象評価については、症例 A と C は好印象であったが、症例 B はよい印象は述べなかった。なお症例 C は自家用車内でのウインカー作動音、バック時の電子音、自宅での電子音などが LFT によってよく聞こえるようになったと述べていた。

LFT による補聴器の出力語音の広帯域サウンドスペクトログラムを、図 5 に示した。補聴器からの出力音は 2000Hz 以上のエネルギーはなく、1000Hz 付近のエネルギーが強い結果であった。

D. 考察

本報告では、高音急墜型難聴に対する LFT 方式の周波数変換増幅の適用について、語音聴取の点から検討した。5 例からみた LFT の語音聴取に関する最も特徴的だったことは、単音節受聴明瞭度の低下であった。単語、会話文理解への影響が少なかった者もいたが、LFT 自体が語音聴取を向上させる結果とはいえず、同時に LFT がノイズ下での語音聴取を向上させるという結果も得られなかった。補聴器装用閾値や、主観的な音色や環境音・生活場面の電子音の聴取は別としても、語音聴取改善を主たる目的にした場合、現段階の LFT 技術を積極的に利用する理由は見出せないように思われた。

LFT によって 2000Hz の補聴器装用閾値が著明に改善したにも関わらず、語音聴取が向上しなかった理由として、周波数シフトに伴う異聴の問題が背景にあると考えられる。図 4 のサウンドスペクトログラムをみると 1500Hz 以下に音エネルギーが集中していた。母音の第 1 と第 2 のフォルマント弁別が困難となったことが、母音異聴を招いた可能性がある。

今回の高音急墜型難聴の被験者は、2000Hz 以上の聴力の損失が大きい聴力図という点が共通した症例であったため、主に移調開始周波数 1260Hz の LFT を施した。このような中音域の周波数変換は、移調先（630～1260Hz）の音との重畳により音素知覚上のキュー干渉（母音も含め）を招くと予想される。特にア列音のオ列音への異聴が生じた点については、フォルマン

トの移調が原因と推察できる。周波数シフトによる高周波数子音の聴取改善に関する先行報告 (Robinson ら 2009) はあるが 4)、この報告と中音域に LFT を施した本報告は、母音への干渉という点において質の異なるものととらえるべきであろう。

高音急墜型難聴における聴取の特徴の一つとして、聴力に比して良好な語音弁別能をもつ者がいることは、小田 (1973) や服部 (1977) の報告のように従来から指摘されてきた 5,6)。小寺 (1995) は、音弁別のキューは広い範囲に分布しているため、高音急墜型難聴者は、正常者が利用しないキューを利用して語音を弁別している可能性があることを述べている 1)。本報告の 5 名の良聴耳の最高明瞭度は 55~90% であった。LFT については、今後、慣れや学習効果により異聴が改善されていく可能性が否定されたわけではないが、今回、語音聴取を高める上では周波数変換を行わない通常の増幅の方が有用と考えられる。

以上をまとめると、今回の 5 名の高音急墜型難聴の症例においては、LFT により 2000Hz を可聴周波数帯に移調することは可能ではあったが、語音聴取面の改善はみられないという結果であった。対象者の聴力型や明瞭度の高低により改善が生じるか否かについては、今後、症例数を増やした検討が必要だが、現段階で得られた知見としては、LFT が 2000Hz 以上の高音急墜型難聴の語音聴取に著明な効果をもたらすとは言いがたいと思われた。現 LFT 技術は高音急墜型難聴のための選択候補として挙げられないわけではないが、通常増幅の方が語音聴取への有効性が高いと思われ、LFT を積極的に試みる理由は見あたらないともいえる。EAS のデバイス選択という点からは、周波数非変換増幅を十分に試した上で補聴効果が低ければ、補聴器の効果の上限とみるべきと推察されるが、本研究の対象者には 250Hz 以下のみに残存聴力をもつ者や最高明瞭度が 50% 以下の者が含まれていないため、今後この点を視野に入れた検討と結論づけが必要と思われる。

文献

- 1) 小寺一興, 堀内美智子. 急墜型感音性難聴患者の語音弁別. *Audiology Japan*(38), 298-304, 1995
- 2) 宇佐美真一, 工穰, 鈴木伸嘉, 茂木英明, 宮川麻衣子, 西尾信哉. 残存聴力活用型人工内耳 (EAS: electric acoustic stimulation) を使用した一症例: 人工内耳手術における残存聴力保存の試み. *Otology Japan*(20), 151-155. 2010
- 3) S. Launer and O. Bürkli. Technology Options for Fitting Children. A sound foundation through early amplification. Phonak, Switzerland. pp127-133. 2007
- 4) J. Robinson, T. Baer and B. Moore. Using transposition to improve consonant discrimination and detection for listeners with severe high-frequency hearing loss. *International Journal of Audiology*, 46(6), 293-308. 2007
- 5) 小田恂. シャープカット型難聴の臨床的研究. *日耳鼻* (76) 468-484. 1973
- 6) 服部浩. シャープカット型難聴について. *耳鼻臨床* (70) 695-702. 1977

E. 結論

高音急墜型難聴に対する聴覚補償デバイスの一つである、LFT (リニア移調) による周波数変換型補聴器の適用について語音聴取の点から検討した。LFT によって 2000Hz の聴取が改善したにも関わらず、語音聴取が向上しなかった理由として、周波数シフトに伴い異聴が生じたことが原因と考えられた。

F. 健康危険情報

特になし

G. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
日本小児耳鼻咽喉科学会 (予定)

H. 知的所有権の出願・取得状況 (予定を含む。)

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

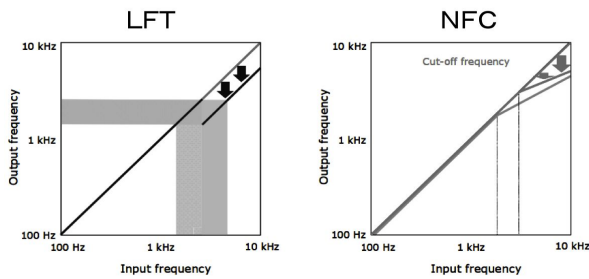


図1．周波数変換増幅の2方式

左図がLFT (Linear Frequency Lauener Transposition; リニア移調)方式、右図がNFC (NonLinear Frequency Compression; ノンリニア周波数圧縮)方式を示す。本図はS. Lauener and O. Bürkli (2007) から引用した。

補聴器装用閾値は、LFT オフ/オン時のそれぞれの結果をオーディオグラム上に記した。最高明瞭度は、67-S による気導受話器での各耳の最高語音明瞭度を示す。

図3．LFT オフ/オンによる語音聴取成績 (全症例の平均) 67-S による単音節と、CI-2004 による成人用単語、日常会話文の聴取成績の正答率 (%) の平均値および 1SD を示す。

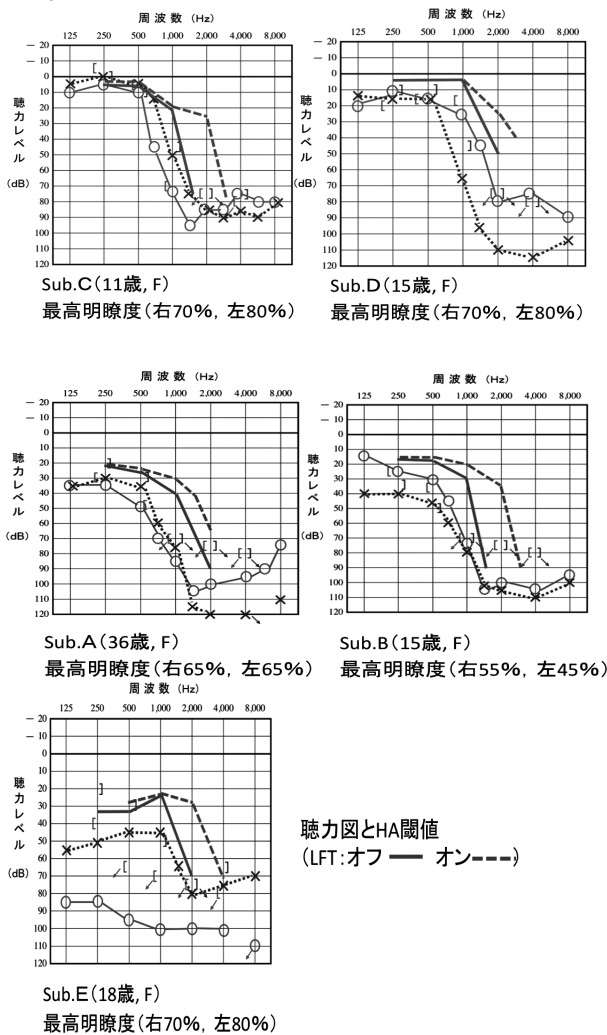


図2．症例のオーディオグラムと補聴器装用閾値

