中等度感音性難聴児における補聴器の型の選択*

広田 栄子・小寺 一興

Selection of Hearing Aids for Children with Moderate or Moderately-severe Sensorineural Hearing Loss

Eiko Hirota and Kazuoki Kodera

(Teikyo University)

The difference of efficacy between body-worn and behind-the-ear type hearing aids on speech intelligibility was studied in 30 children with moderate or moderately-severe sensorineural hearing loss. Speech discrimination tests were performed using both types of hearing aids. The results indicated that there was no difference between the discrimination scores obtained by using either type of hearing aid, provided that adjustments of frequency-response were appropriate. Therefore, we must select hearing aids taking into account the children's ability to manage them, the unreliability of audiometry and the psychological aspects of hearing-impaired children.

はじめに

難聴児への補聴器適合時に、選択する補聴器の型には、箱型と耳掛型がある。箱型補聴器の特徴として、1, 耳介装着部からの音もれによるハウリング制御が容易である, 2, 部品が大きく, 装着や操作が簡便である, 3, イヤホン交換により, 漸次, 最大出力音圧や増幅帯域の調整変更が可能である, 4, 電池寿命が長い, 5, 低価格の器種がある, などがあげられる。一方, 耳掛型補聴器の特徴は, 1, 軽量で小型であり, コードがないので活動の際に妨げにならない, 2, 装用時に外観上の変化が少なく, 装用による心理的負担が少ない, などである。

成人難聴者が装用する補聴器の型は, 近年は耳掛型, 挿耳型, 眼鏡型など Ear-level 補聴器が大半をしめる¹⁾²⁾。帝京大学病院補聴外来においても来院患者の73%が Ear-level 補聴器を購入した。その理由は, Ear-level 補聴器において高出力, 高利得, 低歪率な器種が市販され¹⁾²⁾, 周波数特性も箱型に準じた調整が可能になったことによる。つまり, 補聴器の改良によって, Ear-level 補聴器が適用できる難聴者層が拡大したと考えられる。

しかし, 難聴小児においては, 従来から聴力損失程度にかかわらず箱型を適合する場合が多い。その理由として, 箱型補聴器は Ear-level 補聴器に比較して, 語音のききとりや音質の点ですぐれているといった指摘が多い。かりに, 箱型と Ear-level の両者の間で語音のききとりに差がなければ, 教育的配慮にもとづき Ear-level 補聴器を適用でき, さらに, 型の特徴を活用して装用上の間

帝京大学医学部耳鼻咽喉科学教室 (主任: 鈴木淳一教授)

*帝京大学医学部耳鼻咽喉科学教室開講10周年記念論文

題を軽減することが可能になる。

本研究では、中等度感音性難聴児を対象に、耳掛型と箱型補聴器装用下に語音明瞭度検査を施行し、補聴器の型の選択が語音のききとりに与える影響の有無を検討することを目的に実験を行なった。

対 象 と 方 法

普通小学校に在籍する中等度感音性難聴児30例にたいして、補聴器の周波数特性を2種の方法で調整し、補聴器装用下に57式語音明瞭度検査を行なった。補聴器は耳掛型と箱型を用い、装用下の明瞭度の差について検討した。

図1の上方に被検児の聴力図を示した。箱型

常用児15例の聴力の平均値(500Hz, 1000Hz, 2000Hz, 4000Hzの4周波数の算術平均)は59.6 dB(1 S. D. = 8.5)で、耳掛型常用児15例の平均値は55.0 dB(1 S. D. = 6.1)であった。箱型常用児の年令の平均は8.5歳(1 S. D. = 1.6)で、耳掛型常用児の平均は9.2歳(1 S.

図1 被検児の聴力図(上)と明瞭度検査条件(下)を示した。聴力図は、A;箱型常用児15例, B;耳掛型常用児15例の聴力損失値の平均と ± 1 S. D.を示した。明瞭度検査条件では、A;箱型胸部装着条件, B;箱型スピーカ前の設置条件, C;耳掛型装着条件を図示した。

D.=2.2)であった。

実験Ⅰ

耳掛型、箱型両型の補聴器について、それぞれ3から4種の周波数特性を設定し、補聴器装用下で明瞭度検査を行なった。

検査条件を図1の下方に示した。実験Ⅰでは、箱型胸部装着；Aと耳掛型装着；Cの2条件下で非検査耳をmuffで遮断し、検査耳には既成耳栓ないし耳型耳栓によって補聴器を装着させ、スピーカを通して語表を聞かせた。

検査の語音レベルは、スピーカ前50cmの位置において57語表の1000Hz校正用純音が75dB(A)になるように調整し、検査を行った。

検査に用いた補聴器は、耳掛型4種(Widex；F4H, F6T, Rion；HB68, HB64S,)、箱型1種(Viennatone；X 600,)である。同一被検児において、耳掛型と箱型の両型の補聴器を検査に用いたが、その一方は被検児の常用していた補聴器である。検査時の補聴器の利得は2cc coupler (Phonic Ear；HC 2000)を用いて常用補聴器の通常使用する利得に一致するように調整した。すなわち400Hzから5000Hzの間で $\frac{1}{3}$ octaveごとに利得を計測し、その平均値を常用する利得に一致させるように調整した。

実験Ⅱ

耳掛型と箱型の両型の補聴器の周波数特性を

2cc coupler (Phonic Ear；HC 2000)を用いて、常用補聴器の周波数特性に近似するように調整して、各補聴器装用下に明瞭度検査を行ない、両型装用下の明瞭度を比較した。

実験Ⅰと異なる点は、両型補聴器の周波数特性を近似させた点にある。近似させた方法としては、常用補聴器の250Hzと3000Hzの音響利得に、比較する(型の異なる)補聴器の同周波数の音響利得を一致させるように調整した。

語音明瞭度検査は、図1の下方に示した3条件(箱型胸部装着；A, 箱型スピーカ前設置；B, 耳掛型装着；C)で行なった。検査に用いた補聴器、利得の調整法、語音レベルは実験Ⅰと同一とした。なお、騒音負荷条件下の明瞭度検査は、箱型胸部装着条件と耳掛型装着条件で行なった。検査に用いた騒音は以前の報告³⁾と同じく、250Hzをpeakに10dB/oct.の傾きの周波数スペクトラムを示す騒音である。騒音にたいする語音の校正用純音の比は2.5dBとした。検査結果の信頼性を検討するために、あらかじめ被検者の10例にたいして行なった予備実験の結果から、1条件における明瞭度検査回数は2回とした。結果の解析には2回の検査の平均値を採用した。補聴器装用下の明瞭度検査条件は、被検者間で提示順のバランスをとることにより、提示順が検査成績に与える影響を除いた。以上の全条件下で得られた正答率の平均値を比較し、ついで統計的に差を検定した。

結

1, 耳掛型と箱型の両型補聴器における、語音聴取に最適な周波数特性下の明瞭度の比較。

図2に、各型補聴器において最高の明瞭度を得るように周波数特性を調整した条件下の明瞭度検査結果を対比して示した。周波数特性をそれぞれ語音聴取に最適に調整した場合には、耳掛型(Behind-the-ear hearing aid)と箱型(Body worn hearing aid)の補聴器の間に明瞭度の差は認められなかった(t検定；t =

果

0.22, d. f. = 21, N. S.).

表1に、両型における明瞭度を単音別に示した。単音別に比較しても、型の変化によって差は認められなかった(/b/は10%以上の差を示したが、語表中に/b/音数は1語で、正答率の分散が大きく統計的有意差はなかった)。

2, 耳掛型と箱型の両型補聴器における、周波数特性を常用補聴器に近似させた条件下の明瞭度の比較。

図2 補聴器の型と明瞭度の関係。実験Ⅰの結果（22例の平均値）を示した。縦棒は±1 S. E.を示した。A；音節明瞭度，B；母音の明瞭度を示した。

図3に、両型の補聴器の周波数特性を、常用補聴器に近似するよう調整した条件下で行った明瞭度検査結果を示した。補聴器を身体に装着させた条件で、箱型補聴器装着下（Body worn hearing aid on the chest）の明瞭度は、耳掛型補聴器装着下（Behind-the-ear hearing aid）の明瞭度より低下し、 t 検定では統計的に有意な差が認められた（ $t = 5.15$, $d. f. = 29$, $p < 0.001$ ）。しかし、箱型補聴器を身体からはずしてスピーカ前に設置した条件（Body worn

図3 補聴器の型と明瞭度の関係。実験Ⅱの結果（30例の平均値）を検査条件別に示した。縦棒は±1 S. E.を示した。A；非騒音負荷下の音節明瞭度，B；騒音負荷条件下の音節明瞭度を示した。

hearing aid on the table) では、耳掛型（Behind-ear-hearing aid）装着下の明瞭度と差がなかった（ $t = 0.58$, $d. f. = 29$, $N. S.$ ）。

図4に、補聴器の型の変化による単音明瞭度への影響を、音声学的カテゴリーに分類して図示した。各カテゴリーにおいても型の変化が明瞭度に与える影響は認められなかった。

表Ⅰ 補聴器の型の変化による単音別明瞭度への影響（%），実験Ⅰの結果を示した

	s	h	t	k	b	d	g	z	m	n	r	w	j	vowel
A 耳掛型補聴器	39.2	61.5	45.4	66.9	26.9	44.9	53.8	55.8	66.9	47.1	64.6	53.8	53.8	94.2
B 箱型補聴器	38.5	53.8	43.1	66.9	38.5	44.9	61.5	48.1	65.4	39.4	56.2	57.7	52.3	93.5
A - B	0.7	7.7	2.3	0.0	-11.6	0.0	-7.7	7.7	1.5	7.7	8.4	-3.9	1.5	0.7

図4 補聴器の型と単音明瞭度の関係。実験Ⅱの結果(30例の平均値)を単音のカテゴリ一別に示した。縦棒は ± 1 S. E.を示した。

3, 騒音負荷による影響

図3に, 各型補聴器装用下騒音を負荷して施行した明瞭度検査結果を点線で示した。両型補聴器において, 騒音負荷下の明瞭度は騒音のない条件下の明瞭度より著しく低下し, 統計的に(t 検定)有意な差が認められた(Body worn; $t=11.73$, d. f. =29, $p<0.001$, Behind-the-ear; $t=18.49$, d. f. =29, $p<0.001$)。

補聴器身体装着下では, 騒音のない条件下の結果と同様に耳掛型補聴器(Behind-the-ear hearing aid)の明瞭度検査結果は, 箱型(Body worn hearing aid)装用時の明瞭度より統計的に(t 検定)有意に改善した($t=3.21$, d. f. =29, $p<0.005$)。

4, 常用補聴器の型の違いによる明瞭度への影響

図5に, 常用補聴器による明瞭度検査結果を他方の型の補聴器による明瞭度検査結果と比較して示した。耳掛型常用児(Behind-the-ear

図5 常用補聴器の型と明瞭度の関係。実験Ⅱの結果を常用補聴器の型別に示した。実線は非騒音負荷条件下, 破線は騒音負荷条件下の明瞭度を示した。縦棒は ± 1 S. E.を示した。A, C; 耳掛型装用下の明瞭度, B, D; 箱型胸部装着下の明瞭度を示した。

hearing aid users, 15例) 箱型常用児 (Body worn hearing aid users, 15例) 間では、騒音のない条件 (AとB) と騒音負荷条件 (CとD) の両者で、それぞれの型の明瞭度検査結果

に差は認められなかった (A ; $t=0.35$, B ; $t=0.58$, C ; $t=0.28$, D ; $t=0.03$, d. f. =28, N. S.).

考

今回の実験結果から、身体装着による影響を考慮すれば、耳掛型と箱型補聴器の間で、型の選択が明瞭度に与える影響は認められないと概括できる (図2, 図3). 本実験の目的を検証するための方法論上の問題点は、おもに、箱型補聴器と耳掛型補聴器の周波数特性を完全に一致させることが不可能な点にある。つまり、周波数特性は、身体装着による遮蔽や反射^{4) 5) 6) 7)} や、装着部品の変化^{8) 9)} による影響を受けやすい。したがって、補聴器の型の選択においては、難聴者に実際に装着させて、最も有効な周波数特性下で比較することが合理的であろう。この考えにもとづいて実験Ⅰの方法を設定した。しかし、臨床の場合における補聴器の型の選択時には、2 CC coupler を用いて周波数特性や利得を同一に調整することが少なくないと推定できる。このような調整法に相当するものとして、実験Ⅱの方法をあわせて採用した。

本実験における耳掛型と箱型の両補聴器装着下の明瞭度の比較において、一方の型の正答率が有意に低下する結果を示した条件は、実験Ⅱ (近似させた周波数特性) で箱型を胸部に装着した場合であった。この明瞭度の低下の原因は、箱型補聴器装着時の身体遮蔽の影響によると考えられる。身体遮蔽の影響 (body-baffle effect) は、1, 200Hz から 800Hz における 2dB から 6dB のマイクロホン上の音圧の増加、2, 1000Hz から 2500Hz における 5dB から 15dB の音圧の減少、3, 3000Hz 近辺の微少な変動^{4) 5)} と、従来より報告されている。上述の明瞭度の低下が身体遮蔽の影響によると考えることは、同一補聴器を身体から離れた場合に明瞭度が改善した点から、妥当であろう。また、実験Ⅰで求めた両型の最適周波数特性に

察

において、箱型では耳掛型より高音強調になる傾向が認められた。すなわち、最高の明瞭度を得た特性は、耳掛型では、3000Hz と 250Hz の利得の差の平均が 11.8dB (1 S. D. =5.1) で、箱型では平均が 17.8dB (1 S. D. =4.9) であった。箱型補聴器の周波数特性の選択時には、身体遮蔽の影響を考慮して、耳掛型の特性より高音強調傾向に調整する必要があると考えてよい。

耳掛型補聴器装着時には、頭部反射 (head reflex) の影響から、頭部側面の音源提示では、頭部正面の音源提示に比較して、マイクロホン上の音圧は数 dB 増加する^{6) 7)}。しかし、周波数間の音圧の変動の差は少ないので、箱型のように装着時の影響を配慮して周波数特性を調整する必要はない。

以上に述べたように、身体装着による影響を配慮して調整すれば、箱型と耳掛型の補聴器の間に明瞭度の差は少ないと考えられる。したがって、難聴児に適合する補聴器の型は、下記の発達の問題をおもに検討し、選択することが有効である。乳幼児期の補聴器適合で要請されることは、1, 聴力損失値の確定時に、周波数特性や最大出力の調整変更が可能である、2, 手指の運動が稚拙なので、装着や操作が簡便である^{1) 10)}。3, 成長の途上なので耳栓がゆるみやすく、ハウリング制御が容易であることなどがある。したがって、乳幼児にたいしては、箱型の補聴器を適用することが有効と考えられる。

発達年齢が6歳以上になると、1, 身体運動がとくに活発になる、2, 小学校就学期になり、補聴器の管理と操作能力が向上するので、軽量で小型の補聴器が望まれる。3, 難聴児自身の障害の自覚が明確になり、外観上の変化が

ないことが要請される。以上の点から、発達年齢が6歳以上の小児にたいしては、耳掛型の補聴器を適用することが有効と考えられる。

なお、幼小児では、補聴器装着時のイヤホンの脱落を避けるために、耳型耳栓（イヤーマールド）を作成する例が多い。補聴器の周波数特性に影響を与える要因として、身体遮蔽や反射の他に、耳介装着部品の変化も考慮する必要がある。装着部品の形状によって周波数特性が受ける影響は、1、鼓膜面より耳栓までの容積が大きいと低周波数帯は減衰する、2、イヤホン接合部前面の空洞容積が大きいと第2 peak が減衰する、3、チューブを長くしたり、細くすると第1 peak 位置が低音部に移る、4、耳栓の穴を長くしたり、細くすると第2 peak 位置が

低音部に移る⁸⁾⁹⁾、ことがあげられる。したがって、臨床の場では耳型耳栓およびチューブの形状に留意して、既製耳栓が周波数特性に与える影響との違いを考慮しながら、装着部品の調整を行なう必要がある。本実験では、耳掛型耳型耳栓使用児2名を除いて、同一耳栓を用いたので、耳栓が周波数特性の設定に与えた影響は少ない。

ところで、先天性難聴小児では、乳幼児期の日本語音韻習得過程に装着した補聴器の音処理様式を、長期にわたり使用する必要があると、いう考え方がある。本結果から、この考え方に従う場合にも身体遮蔽の影響や装着部品の影響を考慮して調整すれば、補聴器の型の変更は可能であると考えられる。

ま と め

中等度感音性難聴児を対象に、補聴器の型（耳掛型、箱型）の選択が明瞭度に与える影響を検討した。比較する両型の補聴器の周波数特性としては、1、それぞれの型で最適の周波数特性と、2、互いに相似する周波数特性、の両者を採用し語音明瞭度検査を行った。その結果、中等度感音性難聴児では、補聴器の型の選択時に身体遮蔽や反射や装着部品の影響を配慮して調整すれば、明瞭度に与える影響は認められなかった。したがって、補聴器の型の選択は難聴児における、補聴器の管理能力・操作能力や装用上の問題点を検討して行えばよいと結論した。

終稿にあたり、御校閲いただいた田中美郷教授に深謝致します。

文 献

- 1) Hodgson, W.R. and Skinner, P.: Hearing aid assessment and use in audiologic habilitation. The Williams & Wilkins Co., 153~160, 1977.
- 2) Martha Rubin: Hearing aid; current development and concepts. Univ. Park press, 1976.
- 3) 小寺一興, 広田栄子, 佐川幸子, 鈴木淳一: 補聴器の周波数特性の語音明瞭度への影響. 耳鼻と臨床 27: 33~42, 1981.
- 4) Nichols, R. H., et al: The influence of body-baffle effects on the performance of hearing aids. J. acoust. Soc. Amer., 19: 943~951, 1947.
- 5) Erber N.P.: Body-baffle and real-ear effects in the selection of hearing aids for deaf children. J. Speech Hearing Dis., 38: 224~231, 1973.
- 6) Wiener, F.M. and Ross, D.A.: The pressure-distribution in a progressive sound field. J. acoust. Soc. Amer. 18: 401~408, 1946.
- 7) Olsen W. and Carhart R.: Head diffraction effects on ear-level hearing aids. Audiology 14: 244~258, 1975.
- 8) Lybarger S.: Earmold acoustics. Audicibel 16: 9~19, 1967.
- 9) Konkle, D. F. and Bess: Custom-made vs stock earmolds in hearing aid evaluations. Arch Otolaryngol. 99: 140~144, 1974.
- 10) Burton F. Jaffe: Hearing loss in children; a comprehensive text. Univ. Park press. 1977.

原稿到着: 昭和56年8月31日

別刷請求先: 広田栄子

〒173 東京都板橋区加賀2-11-1
帝京大学医学部耳鼻咽喉科学教室