臨 床

気導受話器装着の外耳道内音圧への影響

暁 清文・平田 義成・小林 泰輔

Effect of Wearing Air Conduction Receiver on Sound Pressure Transmitted to External Ear Canal

Kiyofumi Gyo, Yoshinari Hirata and Taisuke Kobayashi

(Ehime University)

The effect of wearing of an air conduction receiver on sound pressure in the ear canal was investigated in 22 ears of 11 normal male volunteers. When a bone conduction receiver (Rion BR-41) on the forehead was activated, sound pressure recorded in the ear canal was larger by about 20 dB in all test frequencies than in the auricular conchal cavity or at a place 10 cm from the canal opening. When an air conduction receiver (Rion AD-02) was worn over the auricle, sound pressures in the ear canal and in the auricular conchal cavity increased maximally at 0.8 kHz by 17.9 ± 4.9 dB and 17.7 ± 7.4 dB, respectively. At higher frequencies, however, they decreased in those wearing the receiver.

Key words: effect of ear canal obstruction, bone conduction, loudness balance test, vital noise in the ear canal

はじめに

外耳道や中耳腔には脈拍音や呼吸音など種々の生体雑音が放散されている。通常、これらの雑音が自覚されることはないが、外耳道を閉鎖すると増幅され、「ワーン」あるいは「ゴー」という耳鳴様音として聴取される¹⁾。外耳道閉鎖による耳内音の増幅効果は耳栓をした時に著明であるが、気導受話器の装着によっても生じる。このことは通常の聴力検査では問題とならないが、耳鳴検査の際には増幅された生体雑音が耳鳴聴取に影響し、検査結果を修飾する可能性がある。実際、一側性耳鳴患者に健側耳より検査音を提示してピッチマッチならびにラウド

ネスバランス検査を行ったところ、患側耳の気導受話器装着前後で検査結果が一致したのは17耳中5耳(29%)に過ぎなかった²⁾。現在のところ、気導受話器の装着が耳内音をどのように修飾するかは明らかでない。今回、前額正中部より骨導刺激を行い、外耳に放散される音圧の変化を指標として、気導受話器装着の影響を検討したので報告する。

実験方法

実験の対象は鼓膜所見に異常がなく、聴力も正常な25歳から43歳までの健康男性11名、22耳とした。実験前に外耳道を観察し、耳垢がある場合はあらかじめ除去しておいた。オーディオ

メータにはリオン AA-70 を用いた。骨導刺激は前額正中部に骨導受話器(リオン BR-41)を当て、純音の連続音で刺激を行った。検査音圧は各周波数ともオージオメータの骨導出力の最大値とした。

まず、外耳道入口部である耳甲介腔における音圧の変化を測定した。音圧測定のためのマイクロホンには B & K type 4170 (1/8 インチ、コンデンサー型)を用いた。被験者に「顎を固定台上に乗せ、検査中は動かないように」と指示した。マイクロホンは保持器に固定し、そのプローブの先端が耳珠後方の耳甲介腔中央にくるようテープで止めた。マイクロホンは増幅器(B & K type 2113)に接続し、1 オクターブの帯域フィルターを通した後、そのパネルの表示値から校正値を換算して耳甲介腔における音圧(0 dB SPL = 20 μ Pa)を求めた。さらにプローブの上から気導受話器(リオン AD-02)を装着して、再度同じ条件で測定を行い、装着前後の結果を比較した。

次いで外耳道内音圧の変化を測定した。音圧測定のためのマイクロホンにはリオン EU-08 (エレクトレット型)を用いた。これを集音部の先端が外耳道入口部から約 8 mm の位置にくるよう外耳道内に挿入し、リード線をテープで固定した。さらに増幅器(B & K type 2113)に接続し、上述の場合と同様の方法で外耳道内音圧を測定した。骨導刺激ならびに気導受話器装着の方法は耳甲介腔の場合に準じ、受話器装着前後の外耳道内音圧を比較した。

さらに骨導受話器から発する気導音の耳介近傍における音圧測定も行った。これには 1/2 インチ・コンデンサー型マイクロホン(B & K type 4134)を用いた。これを外耳道入口部から 10 cm 前外方で、外耳道と前額の骨導受話器からの距離に等しい位置に設置し、この部位での音圧レベルを測定した。増幅器には B & K type 2113 を用い、フィルターの設定条件は耳甲介腔や外耳道内音圧測定の場合と同じとした。

なお、実験はすべて当科外来の聴力検査室内

で行ったが、検査室内の騒音レベルは 30 dB (A) 以内であった。

結 果

気導受話器装着前後の耳甲介腔における音圧変化ならびに耳介前外方部における気導音圧を図 1-A にまとめた。気導受話器を装着しない状態では、耳甲介腔音圧は耳介前外方部音圧とほぼ等しいが、装着状態では 1.5 kHz 以下の中低音域で音圧は増加した。なお、耳甲介腔音圧測定に用いたマイクロホン(type 4170)は感度が低く、また骨導刺激レベルが低かったこともあり、0.5 kHz 以下の低音域や 6 kHz 以上の高音域では検査音を断続しても測定値は変化しないことが多く、これら周波数では音圧は測定限界以下と考え、図中に↓で示した。

図 1-B に気導受話器装着前後の外耳道内音圧と耳介前外方部音圧をまとめて示した。この場合もマイクロホンの感度に制約があり、0.25 kHz や 6 ないし 8 kHz では測定限界以下であった(図中↓)。気導受話器非装着時の外耳道内音圧は耳甲介腔や耳介前外方部の音圧と比べ、各検査周波数において約 20 dB 高かった。これは骨導音が外耳道内に放散されているためと思われる。気導受話器装着時には 1 kHz 以下の中低音域で音圧は増加した。

図 2 は気導受話器装着前の値を基準として、装着後の耳甲介腔ならびに外耳道内の音圧変化を dB 単位で各例ごとに求め、その平均値と標準偏差を周波数ごとに示したものである。気導受話器装着による音圧増幅効果は 0.8 kHz の場合が最大で、耳甲介腔で 17.7 ± 7.4 dB、外耳道内で 17.9 ± 4.9 dB とほぼ同程度の増加が認められた。周波数別では前者は 1.5 kHz 以下で、後者は 1 kHz 以下で音圧の増加がみられた。しかし高音域では、いずれの場合も、むしろ気導受話器装着により音圧は減少した。

考 按

骨導刺激時に外耳道を閉鎖すると聴力域値は主に低音域で低下するが、このような外耳道閉鎖効果は気導受話器の装着によっても生ずる。

一般に骨導刺激音の内耳への伝達機序としては、①骨振動が直接内耳へ伝わる、②骨振動が鼓膜や耳小骨を振動させ、これが内耳へ伝わる、③外耳道や中耳腔へ放散した音、あるいは④骨導受話器が発した気導音が伝音系を介して内耳へ伝わる、といった経路が挙げられる。このうち気導受話器の装着によって影響を受けるのは③や④の機序によるものである。すなわち、狭い閉鎖空間内の音源は共鳴や反響を受けて増幅される³⁾が、気導受話器の装着も不完全ではあるが外耳道を閉塞することから、③の骨導による

耳内放散音も増幅されることになる。一方、④の機序による気導音は気導受話器の装着によって遮蔽され、耳内に達する音圧はむしろ減少する。したがって、気導受話器装着の耳内音圧に対する影響は、これら機序の関与の仕方に依存する。

外耳道閉鎖効果の程度は、どのような方法で外耳道を閉鎖するかによってかなり異なる。Békésy⁴⁾は外耳道を指や耳栓で閉鎖する場合はその押え方が問題で、強く圧迫すれば外耳道内の気圧が上昇するため鼓膜や耳小骨の振動が

(A)

(B)

図1 A. 気導受話器装着前後の耳甲腔音圧と耳介前外方部気導音圧
B. 気導受話器装着前後の外耳道内音圧と耳介前外方部気導音圧
骨導刺激は前額正中部より行った。骨導受話器から発する気導音は耳介前外方部で測定した。骨導刺激のレベルは使用器械の最大出力としたので、刺激音圧は検査周波数により異なる。音圧レベルが測定限界以下の場合は↓で示した。

図2 気導受話器装着による耳甲介腔音圧と外耳道内音圧の変化

装着前の値を基準として装着後との差の平均値と標準偏差を示した。

抑制され、閉鎖効果は減弱すると指摘している。このため彼は小孔付ゴム栓を用いて実験を行い、その結果、外耳道閉鎖により1~2 kHzの帯域で約12 dBの骨導聴力域値の低下がみられたと報告している。松浦ら⁵⁾もベント付イヤーマールドを用いて同様の実験を行い、外耳道を閉鎖することにより、骨導刺激音の外耳道内放散音圧は主に低音域で約30 dB上昇したと報告している。さらに彼らは骨導刺激音の外耳道への放散経路についても検討し、軟骨部の方が骨部よりも大きな役割を果たしているとは指摘している。

今回の実験では、耳甲介腔と外耳道内にマイクロホンをおき、骨導刺激時に記録される音圧の変化を指標として気導受話器装着の影響を検討した。その結果、非装着時には耳甲介腔音圧は耳介前外方部音圧と等しかったが、外耳道内音圧はこれらと比べ、全ての検査周波数において約20 dB高かった。これは骨導音が外耳道内に放散するためと考えられる。すなわち、気導音が共鳴効果を受けても外耳道内音圧は高まるが、その効果は2~4 kHz付近に限られ⁶⁾、今回の実験のように低音域でも音圧が高まることはないからである。一方、気導受話器装着による音圧増幅効果は0.8 kHzの場合が最大で、

耳甲介腔で 17.7 ± 7.4 dB、外耳道内で 17.9 ± 4.9 dBと、ほぼ同程度増加した。逆に高音域では音圧はむしろ減少した。これは骨導受話器から発した気導音が耳内に伝播するのを、気導受話器が遮蔽するためと思われる。

聴覚検査における検査音の提示方法としては、気導受話器による方法とスピーカを用いる方法とがある。日常臨床においては、一側耳ごとの検査が可能なることから、気導受話器を用いた検査が一般的である。気導受話器の装着は上述のように外耳道閉鎖効果をきたすが、通常の聴力検査では正常者との比較で難聴の程度を求めるので問題とはならない。しかし、気導受話器を装着して耳鳴検査を行う場合はこの現象を無視できない。すなわち先に報告²⁾したように、気導受話器の装着は耳鳴ピッチの聴取には影響しないものの、ラウドネスの聴取域値を5~10 dB低下させうるからである。外耳道内には脈拍音、呼吸音、顎関節音など種々の生体雑音が放散されているが、通常、これらは低音性で音圧レベルが非常に低く、直接測定することは困難である。しかし気導受話器の装着により低音性の耳内雑音は増幅されるわけで、これが耳鳴検査に影響したものと推定される。したがって耳鳴検査の際にこのような影響を避けるために

は、気導受話器は患側耳には装着せず、対側耳にのみ装着して検査音を聞かせる、あるいはスピーカを用いて検査を行うなどの配慮が必要であらう。

ま と め

1) 気導受話器装着の影響を耳甲介腔と外耳道内にマイクロホンをおき、前額部から骨導刺激を行って求めた。

2) 非装着時の耳甲介腔音圧は耳介前外方部の音圧と等しかったが、外耳道内音圧はこれらより全検査周波数において約 20 dB 高かった。

3) 気導受話器装着により耳甲介腔ならびに外耳道内音圧は 1~1.5 kHz 以下の中低音域で、最高約 18 dB 増幅された。

本論文の要旨は第35回日本聴覚医学会総会(東京)にて発表した。

参考文献

- 1) 晁 清文, 西原信成, 竹田一彦: 外耳道閉塞時の耳鳴. 耳鼻臨床 83 : 1009~1013, 1990.

- 2) 竹田一彦, 晁 清文, 柳原尚明: 耳鳴検査時におけるヘッドホン装着の影響. Audiology Japan 33 : 337~338, 1990.
- 3) 小橋 豊: 反射壁で囲まれた室内の音場. 音と音波(金原寿郎編). 135~146頁, 裳華房, 東京, 1974.
- 4) Békésy GV : Bone conduction. Experiments in hearing (Translated and edited by Wever EG). pp 127~203, McGraw-Hill Book Co, New York, 1960.
- 5) 松浦生一, 五味耿兵, 朝比奈紀彦, 他: 補聴器装用時の自分の声のこもりの解析. Audiology Japan 32 : 593~594, 1989.
- 6) Wiener FM and Ross DA : The pressure distribution in the auditory canal in a progressive sound field. J Acoust Soc Am 39 : 1086~1089, 1947.

(原稿受付: 平成 4 年 1 月 8 日
原稿採択: 平成 4 年 1 月 30 日
別刷請求先: 晁 清文
〒791-01 愛媛県温泉郡重信町志津川
愛媛大学医学部耳鼻咽喉科学教室)