

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 27 日現在

機関番号：24601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23791924

研究課題名(和文) 軟骨伝導を用いた新しい補聴器の開発

研究課題名(英文) Development of a novel hearing aid utilizing cartilage conduction

研究代表者

西村 忠己(Nishimura, Tadashi)

奈良県立医科大学・医学部・助教

研究者番号：60364072

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円、(間接経費) 960,000円

研究成果の概要(和文)：停止困難な耳漏を認める症例や外耳道閉鎖症では既存の補聴器が使用できない。このような症例でも軟骨伝導を補聴器に用いることで効果が期待できる。今回の研究では、軟骨伝導を用いた補聴器の開発、伝導メカニズムの解明、外耳道閉鎖症における伝導経路の解明を行った。その結果軟骨伝導は既存の補聴器が装用できない症例でも有用であることが分かった。音の伝導経路は気導、骨導とは異なる新しい経路であることが明らかとなった。外耳道閉鎖耳では正常時とはことなる軟組織経路が存在する例を認めた。この伝導経路がある症例では特に音の伝導が優れていることが分かった。

研究成果の概要(英文)：Continuous otorrhea and aural atresia prevent the usage of conventional hearing aids. If cartilage conduction was utilizing for hearing aids, it would be applied instead of conventional hearing aids. In the current research, we assessed the benefits of hearing aids utilizing cartilage conduction and elucidated the sound transmission in not only normal anatomical ears but also the ears with aural atresia. In the results, the developed hearing aid provided a great benefit to the above-mentioned patients. With regard to the transmission pathway, cartilage conduction cannot be classified into air or bone conduction. Cartilage-air conduction dominates the sound transmission. Furthermore, in some ears with aural atresia, the forth pathway (fibrotic tissue pathway) is involved in cartilage conduction. This pathway efficiently transmits sounds to the cochlea. In such cases, cartilage conduction hearing aids will show a great benefit.

研究分野：耳鼻咽喉科

科研費の分科・細目：外科系臨床医学・耳鼻咽喉科学

キーワード：軟骨伝導 補聴器 聴覚医学 伝音難聴 外耳道閉鎖

1. 研究開始当初の背景

治療困難な難聴に対しては補聴器で対応することが多い。しかし通常の気導補聴器では対応できない例がある。例えば耳漏の持続する症例や外耳道が閉鎖している症例である。このような例に対応する方法としては骨導補聴器や埋め込み型骨導補聴器 (BAHA) がある。しかし骨導補聴器は振動子を乳突部などに圧着して使用するため、痛み、炎症、びらんが生じ長時間の使用が困難である。さらに振動子固定のためにヘッドバンドを使用する必要があり審美性に劣っている。BAHA でそのような欠点が無いが、使用するためには手術が必要であり、さらに装着部位の感染や再手術のリスクもある。

このような対応困難な症例に対する補聴器として近年発見された軟骨伝導を用いた補聴器が有用な可能性がある。軟骨伝導では振動子を耳軟骨に接触させて軟骨の振動を介して音を伝達する方法である。軟骨伝導で効率的な音を伝えることが可能であれば、既存の補聴器の欠点を解消した新しい補聴手段になりうると考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は大きく分けて2つある。一つ目は軟骨伝導を用いた補聴器を開発のため実際に試作補聴器を作製して実際の対象となる難聴者にフィッティングを行いその有用性を評価することである。基礎的な研究で有用であることが解明できれば将来的な補聴器の製品化につながると考えられる。もう一つの目的は軟骨伝導のメカニズムの解明である。軟骨伝導は発見されてからの歴史が浅く、不明な点も多い。軟骨伝導そのものを明らかにすることで、音を効率的に内耳に伝える方法の解明につながると考えられる。

3. 研究の方法

(1) 軟骨伝導補聴器の試作とその効果

軟骨伝導を用いた補聴器を試作しその強化を評価した。これまでに作製した軟骨伝導振動子を既存のポケット型補聴器をベースに改良を加えた本体部に装着する形で作製した。作製した補聴器は既存の補聴器が使用できない症例にフィッティングを行いその効果を音場閾値測定、音場語音聴直検査、アンケートを用いて評価した。症例は慢性中耳炎が2名(症例1, 2)、外耳道閉鎖症が1名(症例3)、術後のガーゼによる閉鎖が1名(症例4)である。

(2) 軟骨伝導のメカニズムの解明

軟骨伝導の音の伝導メカニズムが気導、骨導と同じであるのかどうか検討を行った。軟骨伝導経路の音の伝わる経路には理論的に振動子から出た音が直接鼓膜を経由して聞こえる直接気導経路(通常の気導と同じ)、軟骨の振動を介した骨が振動子内耳まで骨経由で伝わる軟骨骨導経路(通常の骨導と同じ)、軟骨の振動が内部に音を生成しその音

が鼓膜を経由し伝わる軟骨気導経路(気導骨導には無い経路)が考えられる。これら3つの寄与度を評価するため耳栓をし、直接気導経路を遮断することで閾値がどのように変化するかを評価した。

(3) 外耳道閉鎖症の伝導経路の解明

外耳道閉鎖耳では通常の耳とは異なる音の伝導をされると考えられる。上述の経路のうち直接気導経路と軟骨気導経路は存在しない。その一方2次性の外耳道閉鎖症では外耳道内は軟部組織で閉鎖されていることが多く、その軟部組織を伝わる第4の経路(軟組織経路)が存在し軟骨伝導に寄与していると思われる。この仮説を検証するため、外耳道閉鎖耳6名の閉鎖の状態をCTを用いて評価し、その結果と骨導に対する軟骨伝導閾値の関係を評価した。

4. 研究成果

(1) 軟骨伝導補聴器の試作とその効果

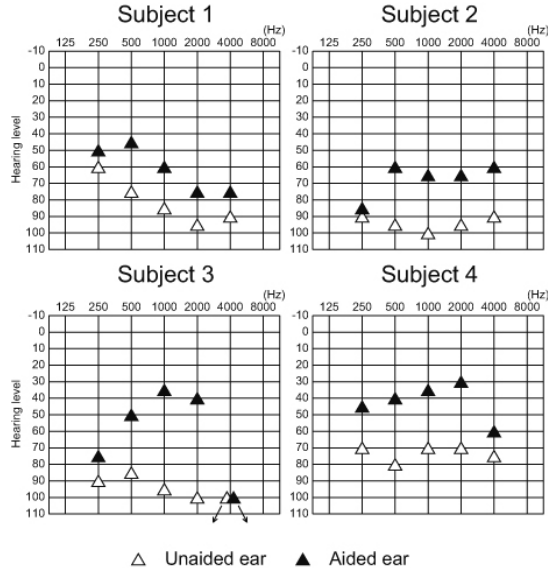


図1 軟骨伝導補聴器装用前後の閾値

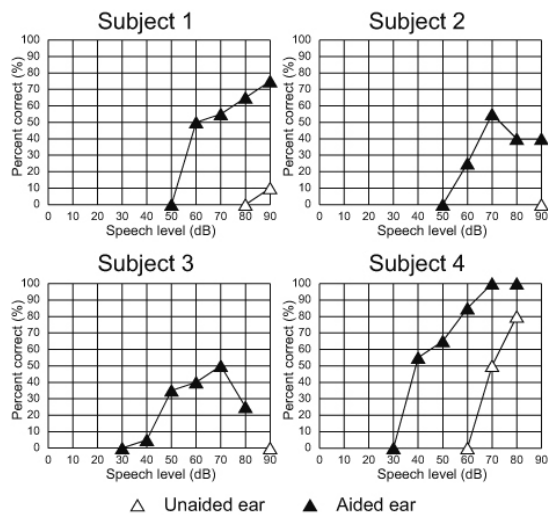


図2 軟骨伝導補聴器の装用前後の語音明瞭度曲線の比較

図1に補聴器装用前後の音場での閾値の結果を示す。いずれの症例でも補聴器を装用することで閾値の改善を認めた。特に外耳道閉鎖症の症例3では2kHz以下の周波数で大幅な閾値の改善を認めた。図2に語音聴力検査の結果を示す。いずれの症例も大幅な語音明瞭度曲線の改善を認めた。アンケートによる評価でも良好な結果が得られた。これらの結果から軟骨伝導補聴器の有用性が示された。既存の補聴器が使用できない症例でも使用できるため今後機器の改良を進めることで製品化につながるものと思われた。

(2) 軟骨伝導のメカニズムの解明

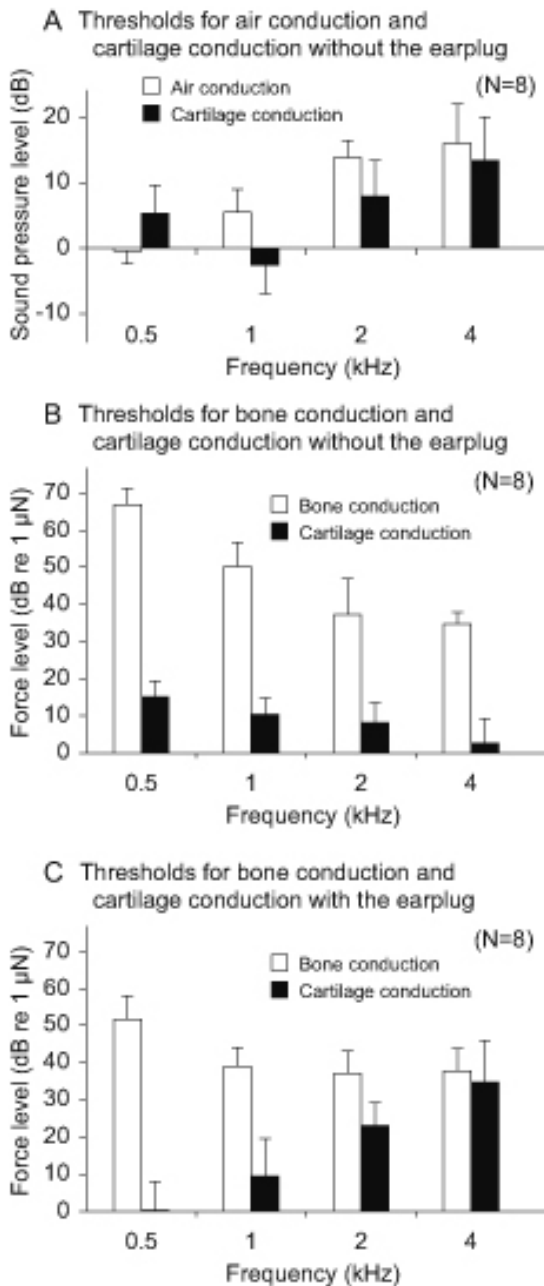


図3 耳栓の有無と気導、骨導、軟骨伝導の閾値の比較

図3に各伝導経路の閾値を示す。耳栓をすることで気導はすべての周波数で閾値上昇を認め、骨導は低音域で低下した。軟骨伝導

の閾値は人工マストイドで校正した値ではすべての周波数で骨導よりも低く、さらに耳栓を装着した状態でも2kHz以下の周波数では軟骨伝導の方が閾値が低かった。この結果経鼓膜的な音の伝導が重要であることがわかった。一方耳栓をした場合の閾値の変化は0.5kHzでは骨導と同様に閾値が低下し、4kHzでは気導と同様に閾値が上昇した。周波数が上昇するごとに閾値が上昇することが分かった。これらの特徴から軟骨伝導は気導、骨導とは異なる経路であることが分かった。中低音域では軟骨気導が閾値に大きく貢献していると考えられ4kHzでは主に直接気導で音が伝わっていると考えられた。

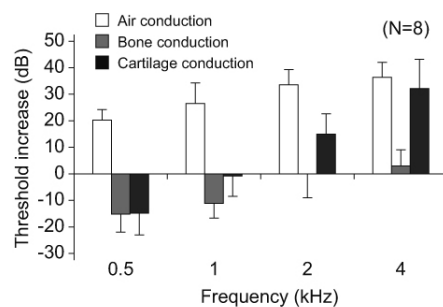


図4 耳栓をした時の閾値変化

(3) 外耳道閉鎖症の伝導経路の解明

図5にCT、図6に軟組織による外耳道閉鎖の骨導、軟骨伝導の閾値を示す。CTでの評価の結果症例1, 3は閉鎖している組織と耳小骨との連鎖はなく軟組織から耳小骨に直接音が伝わっていないことが分かった。他の症例では閉鎖組織と耳小骨が何らかの接続を認め、骨の振動を介さずともこの経路で内耳まで音が伝わるということが分かった。この経路では骨を振動させる必要がないためより小さなエネルギーで内耳まで音が伝わるということが分かった。この結果から軟骨伝導補聴器は特に軟組織の閉鎖症で軟組織経路を有する症例で効果が高いことが明らかとなった。

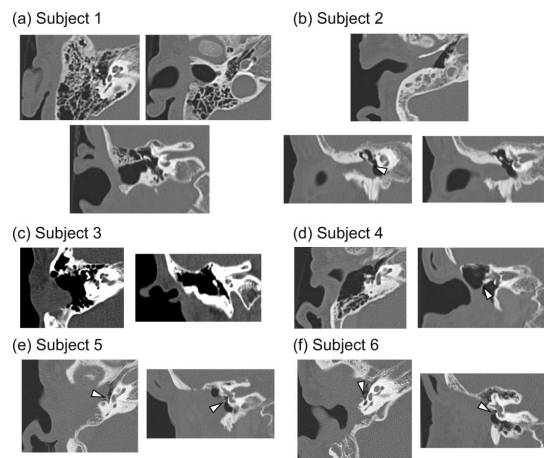


図5 CTの結果

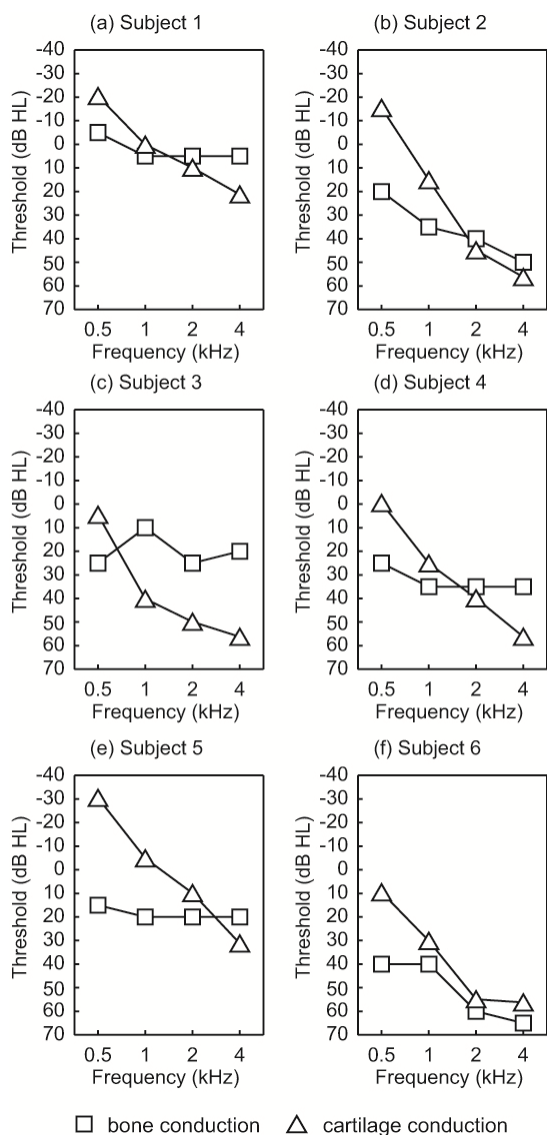


図5 骨導と軟骨伝導閾値の比較
症例1, 3は軟組織経路が存在せず、他の4例では存在する。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 11件)

Morimoto C, Nishimura T, Hosoi H, et al. Sound transmission by cartilage conduction in ear with fibrotic aural atresia. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 査読有, in press.

Nishimura T, Hosoi H, Osamu S, et al. Is cartilage conduction classified into air or bone conduction? *The laryngoscope*, 査読有, 124, 2014, 1214-1219. Doi: 10.1002/lary.24485.

Koizumi T, Nishimura T, Yamashita A, et al. Residual inhibition of tinnitus induced by 30-kHz bone-conducted

ultrasound. *Hearing research*, 査読有, 310, 2014, 48-53.

Doi: 10.1016/j.heares.2014.01.011.

Shimokura R, Matsui T, Takaki Y, Nishimura T, et al. Evaluation of speech intelligibility in short-reverberant sound fields. *Auris Nasus Larynx*, 査読有, 41, 2014, 343-349.

Doi: 10.1016/j.anl.2013.12.013.

Okayasu T, Nishimura T, Nakagawa S, et al. Evaluation of prosodic and segmental change in speech-modulated bone-conducted ultrasound by mismatch fields. *Neuroscience Letters*, 査読有, 559, 2014, 117-121.

Doi: 10.1016/j.neulet.2013.11.048.

Nishimura T, Uratani Y, Okayasu T, et al. Magnetoencephalographic study on forward suppression by ipsilateral, contralateral, and binaural maskers. *Plos one*, 査読有, 8, 2013, e66225.

Doi: 10.1371/journal.pone.0066225.

Nishimura T, Hosoi H, Osamu S, et al. Benefit of a new hearing device utilizing cartilage conduction. *Auris Nasus Larynx*, 査読有, 40, 2013, 440-446.

Doi: 10.1016/j.anl.2012.12.003.

Okayasu T, Nishimura T, Yamashita A, et al. Human ultrasonic hearing is induced by a direct ultrasonic stimulation of the cochlea. *Neuroscience Letters*, 査読有, 539, 2013, 71-76.

Doi: 10.1016/j.neulet.2013.01.040.

Okayasu T, Nishimura T, Yamashita A, et al. Duration-dependent growth of N1m for speech-modulated bone-conducted ultrasound. *Neuroscience Letters*, 査読有, 495, 2011, 72-76.

Doi: 10.1016/j.neulet.2011.03.044.

Nishimura T, Okayasu T, Uratani Y, et al. Peripheral perception mechanism of ultrasonic hearing. *Hearing research*, 査読有, 277, 2011, 176-183.

Doi: 10.1016/j.heares.2011.01.004.

〔学会発表〕(計 36件)

西村忠己、細井裕司、下倉良太他、軟骨伝導補聴器の開発(第8報) - 試作軟骨伝導補聴器の臨床評価 -、第115回日本耳鼻咽喉科学会学術講演会、2014年5月15-17日、福岡

西村忠己、細井裕司、斉藤修他、軟性組織による外耳道閉鎖症での軟骨伝導閾値、第23回日本耳科学会学術講演会、2013年11月24-25日、宮崎

西村忠己、細井裕司、斉藤修他、軟骨伝導補聴器の開発(第9報) 軟骨伝導閾値と気導、骨導閾値との比較、第58回日本聴覚医学会学術講演会、2013年10月24-25日、松本

Nishimura T, Hosoi H, Shimokura R, et al,

Audiological response from cartilage-conduction sound, 20th IFOS world congress, 2013, 1-5, June, Seoul.

Nishimura T, Hosoi H, Saito O, et al, Development of cartilage conduction hearing aid (2) Benefits in patients with continuous otorrhea or acquired aural atresia, ARO 36th midwinter meeting, 2013, 16-17, February, Baltimore.

西村忠己、細井裕司、斉藤 修他、軟骨伝導補聴器の開発(第6報) 固定方法が閾値に及ぼす影響、第57回日本聴覚医学会学術講演会、2012年10月11-12日、京都

西村忠己、細井裕司、斉藤 修他、軟骨伝導補聴器の開発 慢性中耳炎症例に対しての装用効果、第22回日本耳科学会学術講演会、2012年10月4-6日、名古屋

西村忠己、宮前了輔、森本千裕他、軟骨伝導補聴器の開発 正常者における軟骨伝導のラウドネス、第113回日本耳鼻咽喉科学会学術講演会、2012年5月10-12日、新潟

西村忠己、斉藤 修、宮前了輔他、軟骨伝導補聴器の開発 耳栓による気導、骨導、軟骨伝導閾値の変化の比較、第21回日本耳科学会学術講演会、2011年11月24-26日、宜野湾

西村忠己、斉藤 修、宮前了輔他、軟骨伝導補聴器の開発(第4報) 耳栓による軟骨伝導閾値の変化と呈示部位、第56回日本聴覚医学会学術講演会、2011年10月27-28日、福岡

〔図書〕(計 1件)

西村忠己、細井裕司、東京医学社、軟骨伝導補聴器、JOHNS vol. 30, 2014, pp. 567-570

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西村忠己 (NISHIMURA TADASHI)

奈良県立医科大学・医学部・助教

研究者番号：60364072