

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 12 日現在

機関番号：24601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2017

課題番号：26861412

研究課題名(和文)骨導超音波を用いた新しい耳鳴マスキング療法の検討

研究課題名(英文)Study of the new masking therapy for tinnitus using bone-conducted ultrasound

研究代表者

山下 哲範(Yamashita, Akinori)

奈良県立医科大学・医学部・学内講師

研究者番号：50588522

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：骨導超音波を利用した新しい耳鳴治療の確立に向けた基礎的な検討を行った。健聴者に対しては疑似耳鳴音を用いて実験を施行した。骨導超音波の周波数を変動させ、そのマスキングレベルの変化を検討した。その結果からは疑似耳鳴音の種類では差を認めないこと、骨導超音波の周波数の種類による有意な差も認めなかった。低音域の耳鳴はマスキングの影響が小さいことも判明した。この結果はこれまでに報告されている骨導超音波のピッチの特性を支持するものであった。また、耳鳴患者に対してはRIの測定を行い骨導超音波が可聴音よりも効果的に耳鳴を抑止できる可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：We investigated the masking effect produced of bone-conducted ultrasound (BCU). In our experiment, we use artificial tinnitus sound in normal hearings. we measured the change of the masking levels intensity using seven kinds of ultrasonic frequency. Our result showed that it is no significant difference of the frequency among artificial tinnitus sound and of the presented frequency of ultrasonic masker sound. Tinnitus of the low range frequency has a small influence of the bone-conducted ultrasonic masking sounds. This result supported the characteristics which bone-conducted ultrasound exhibits a large masking effect on high-frequency audible sound. On the case of tinnitus patients, our results showed the possibility that BCU masker could restrain tinnitus more effectively than an audible sound.

研究分野：聴覚

キーワード：耳鳴 骨導超音波 マスキング療法

1. 研究開始当初の背景

気導では聞くことができないとされていた超音波領域の周波数（一般的に 20 kHz 以上の周波数）でも骨導で提示すると聴取可能であることが 1948 年に Gavreau により初めて報告されて [1] 以来、この現象についての多くの研究がなされてきた。しかしながら、その聴取メカニズムは未だ解明されておらず、この現象を利用した臨床応用に関しては注目されていなかった。しかし、1991 年に骨導超音波が最重度難聴者でも聴取可能であり、周波数弁別が可能であることが報告され [2]、通常型補聴器では言語によるコミュニケーションが不可能な最重度難聴者用の骨導超音波補聴器の開発が行われてきた。我々のグループでも、脳磁図を用いて、超音波を語音情報で振幅変調することにより、最重度難聴者でも語音の弁別が可能であることを客観的に証明し [3]、さまざまな骨導超音波の知覚特性につき報告を行ってきた [4・5]。現在我々のグループでは、最重度難聴者用の骨導超音波補聴器の開発を目指し、骨導超音波補聴器の試作器を作成している。

また、耳鳴治療においては 1980 年代後半に Jastreboff により唱えられた耳鳴の神経生理学的モデルに基づいた tinnitus retraining therapy (TRT 療法) [6] と、補聴器を用いた耳鳴への音響療法 [7] が日本では広く普及しているが、治療に難渋することも多く、また重度難聴者においては音刺激を教授できないことから現行の音響療法を適応することができず治療法がほとんどない状態である。



骨導超音波補聴器の試作器

2. 研究の目的

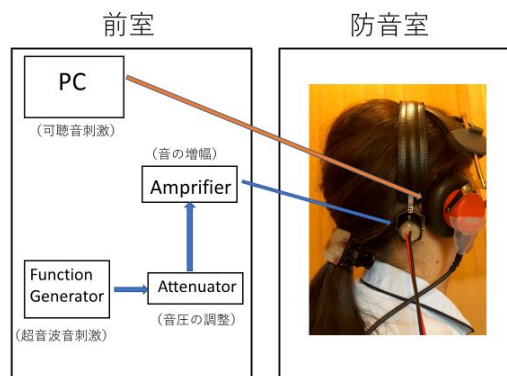
骨導超音波が重度難聴者にも聴取可能なこと、特に高周波可聴音を強力にマスキングする特性を利用し、骨導超音波を用いた新しい耳鳴治療の開発を目指す。そのために、骨導超音波が耳鳴に対してどのような影響を与えるのかを明らかにすることを目的とする。1999 年に Meikle らによって耳鳴治療に

おける骨導超音波による耳鳴のマスキング効果について報告されている [8] が、これまでに骨導超音波の耳鳴に対する抑制効果について検討した報告はほとんどない。我々のグループではこれまでに耳鳴患者に対して骨導超音波の Residual Inhibition の測定により陽性率が約 90% の良好な結果を得られている。しかし、治療法として確立を目指すためには、いまだに骨導超音波の聴取メカニズム自体が判明していないことや骨導超音波が耳鳴に及ぼす影響についての報告がほとんどないことが大きな問題となっている。本研究では、骨導超音波を用いて耳鳴（健聴者には疑似耳鳴音）にどのような影響を及ぼし、その抑制効果を検討し、得られた知見を利用して、最重度難聴者における呈示方法などの最適化をはかる。また、

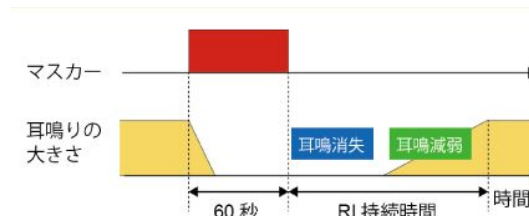
3. 研究の方法

健聴者・難聴者に対して実験を行う。すべての実験は防音室内で行い、刺激音は前室で作成し気導音はヘッドホンを用いて提示し、骨導超音波音は超音波振動子を用いて乳様突起部位に提示した（図 1）

健聴者に対しては疑似耳鳴音として可聴音を提示しそのマスキング効果を測定した。疑似耳鳴音やマスキングとして用いる骨導超音波の周波数を変化させることでその影響を検討した。耳鳴患者に対しては気導可聴音と骨導超音波の RI 陽性率と RI 時間を測定し比較した。測定方法は Vernon の方法に基づき行った（図 2）。



(図 1)



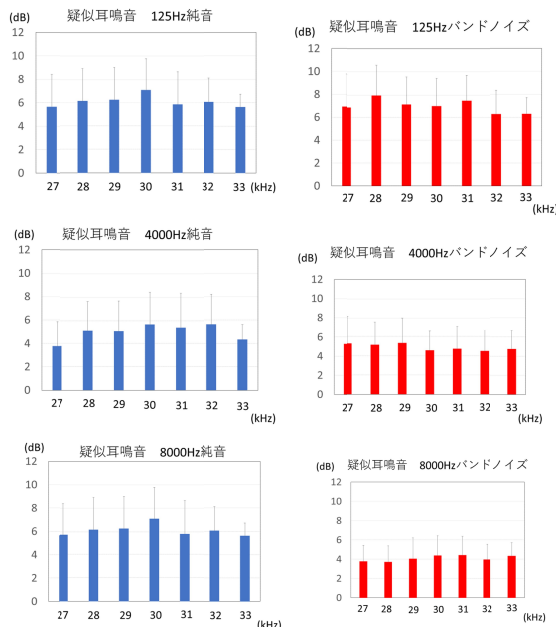
(図 2)

4. 研究成果

本研究には健聴者 8 名・耳鳴患者 22 名が参加した。

(1) 健聴者における実験

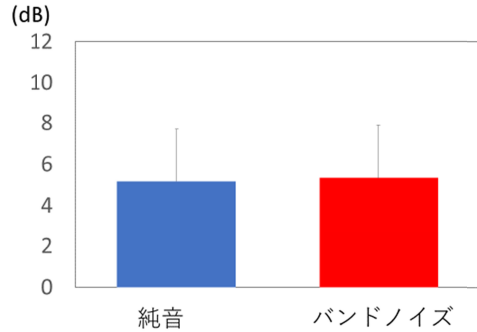
男性 6 名女性 2 名の計 8 名（平均年齢 26.1 歳）が参加した。検査前に純音聴力検査を行い健聴者と確認した。検査耳はすべて右耳とした。疑似耳鳴音は純音・バンドノイズそれぞれ 125Hz・4000Hz・8000Hz の断続音とし、閾値上 5 dB の音を継続して提示した。マスキングとして用いる骨導超音波音は 27 kHz から 1 kHz ごとの周波数で 33 kHz までの 7 種類の周波数を用いた。最初にマスキング骨導超音波の閾値を測定し、次に疑似耳鳴音を完全にマスキングできる最小の音圧を求めた。以下に各疑似耳鳴音の各骨導マスキング音における完全にマスキングできる最小の音圧を示す（図 3）。



(図 3)

疑似耳鳴の刺激音種、疑似耳鳴周波数(125・4000・8000Hz)、マスキング骨導超音波音(27~33 kHz までの 7 種類)において 3 要因の分散分析を行ったところ、3 つの主効果と 4 つの交互作用のうち、有意差が認められたのは疑似耳鳴音周波数の主効果のみであった。以上の結果からは骨導周波数の周波数間(純音・バンドノイズを別々に検討しても)骨導周波数の周波数によってマスキング可能な最小音圧に差がないことが分かった。このことは、これまでの多くの骨導超音波実験で使用されてきた 30 kHz 純音を耳鳴マスキングとして使用しても問題ないことが証明されたことであり、また、マスキング音として患者が一番心地いい周波数を選んで使用できる可能性を示唆する結果であった。また、刺激音種(純音とバンドノイズ)による検討では、耳鳴音(疑似)が純音とバンドノイズで最小マスキング音圧に有意な差が出ないことも示され(図 4)、実際の患者における多種多様に富む耳鳴音の種類において骨導超音波音は効果的にマスクできる可能性が示唆された。

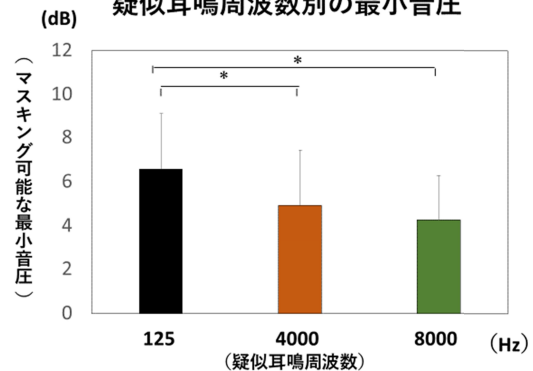
刺激音種(純音とバンドノイズ)による検討



(図 4)

疑似耳鳴音の周波数ごとの検討では、による差の検討では、刺激音種(純音 or バンドノイズ)骨導超音波周波数によらず疑似耳鳴音が 125Hz の時に他の周波数である 4 kHz・8 kHz であるときよりも有意に最小マスキング音圧が高いことが分かった(図 5)。これは一般的に多いとされる高周波領域(8 kHz 周囲)の耳鳴に骨導超音波のマスキングがより効果的である可能性を示す結果であった。

疑似耳鳴周波数別の最小音圧

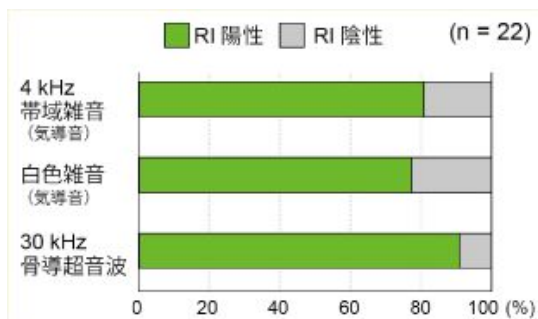


(図 5)

(2) 耳鳴患者による検討

耳鳴患者 22 名(男性 9 名、女性 13 名、平均 57.5 ± 12.5 歳)を対象とした。気導可聴音のマスキング音として 4 kHz 帯域雑音と白色雑音の音源を使用した。骨導超音波のマスキング音は 30 kHz 純音(正弦波)を用いた。Vernon の方法に従い、耳鳴を完全にマスキングできる最小音圧(MML)を求めた。可聴音は MML より 10 dB 大きい音呈示とし、超音波は MML より 3 dB 大きい音とした。各マスキング音の呈示終了後から耳鳴の消失・あるいは減弱する時間の持続を測定した。図 6 に各周波数ごとの RI 陽性率を示す。結果、RI 陽性率は可聴音に比べ超音波のほうが有意に高かった。骨導超音波での RI 持続時間は平均 75.3 秒であったのに対して、可聴音の 4 kHz 帯域雑音と白色雑音ではそれぞれ 38.0 と 45.8 秒であった。Kruskal Wallis 検定で 30 kHz 骨導超音波の呈示が可聴音に比べて有意に RI 出現時間が長くなることが示された($P < 0.05$)。この結果は元来行われてきた可聴音を用いる

より、超音波をマスキングとして用いたほうがより効果が高い可能性がある結果であった。



(図6)

<引用文献>

[1]V.Gavreau, "Audibility of high frequency sound," Compt Rendu, vol. 226, pp. 2053-2054(1948).
 [2]M.L.Lenhardt, R.Skellett, P.Wang and A.M. Clarke, "Human ultrasonic speech perception," Science, vol. 253, pp82-85(1991)
 [3]H.Hosoi, S.Imaizumi, T.Sakaguchi, M.Tonoike and K Murata "Activation of the auditory cortex by ultrasound," The Lancet, vol. 351, pp.496-497(1998)
 [4]T.Nishimura, S.Nakagawa, T.Sakaguchi, H,Hosoi "Ultrasonic masker clarifies ultrasonic perception in man" Hear Res 2003;175:171-177
 [5]A.Yamashita, T,Nishimura, Y.Nagatani, T.Okayasu, T.Koizumi, T,Sakaguchi, H.Hosoi "Comparison between bone-conducted ultrasound and audible sound in speech recognition," Acta Oto-Laryngologica, 2009 : 129,34-3
 [6]Jastreboff PJ, Pastreboff MM: "Tinnitus Retraining Therapy (TRT) as a Method for Treatment of tinnitus and Hyperracusis patients," J Am Acad Audiol 11:162-177,2000
 [7]Del bo L,et al : "Hearing Aids for the treatment of tinnitus" Prog Brain Res166:341-645,2007
 [8]Meikele MB,Edrefsen LL,Lay JW : Suppression of tinnitus by bone conduction of ultrasound. Poster presented at the 21st Annual Meeting of the Association for research in otolaryngology,1999

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 3 件)

Yokota Yoshihiro, Kitahara Tadashi, Sakagami Masafumi, Ito Taeko, Kimura Takahiro, Okayasu Tadao, Yamashita Akinori, Yamanaka Toshiaki "Surgical results and psychological status in patients with intractable Meniere's disease." Auris Nasus Larynx 2016, 43,287-291
 Tadashi Nishimura, Tadao Okayasu, Osamu Saito, Ryota Shimokura, Akinori

Yamashita, Toshiaki Yamanaka, Hiroshi Hosoi "An Examination of effects of broadband air-conducted masker on the speech intelligibility of speech-modulated bone-conducted ultrasound" Hearing Reserch 2014,317 41-49

Toshizo Koizumi, Tadashi Nishimura, Akinori Yamashita, Tomoaki Imamura, Toshiaki Yamanaka, Hiroshi Hosoi "Residual inhibition of tinnitus induced 30-kHz bone-conducted ultrasound" Hearing Reserch 2014,310 48-53

[学会発表](計 10 件)

Akinori Yamashita, Tadashi Nishimura, Yoshiki Nagatani, Hiroshi Hosoi, Tadashi Kitahara "Speech intelligibility of Speech-Modulated Bone-Conduction Ultrasound" 41th ARO MIDWINTER MEETING 2018

Tadao Okayasu, Tadashi Nishimura, Yuka Uratani, Akinori Yamashita, Seiji Nakagawa, Hiroshi Hosoi, Tadashi Kitahara "The Window of temporal integration for bone-conducted ultrasound" 41th ARO MIDWINTER MEETING 2018

岡安 唯, 西村忠己, 齋藤 修, 下倉 良太, 松井 淑恵, 山下哲範, 細井裕司, 北原 紘 「骨導超音波語音の知覚メカニズムに関する検討(第2報)」日本聴覚医学会 2016年
 山下哲範, 伊藤妙子, 阪上雅治, 北原 紘 「サリチル酸耳鳴動物実験モデル再現の試み」第2回耳鳴・難聴研究会 2016

宮前 了輔, 岡安 唯, 西村忠己, 山下哲範, 細井裕司, 北原 紘 「蝸電図のSP/AP値のROC解析」第61回日本聴覚医学会総会・学術講演会 2016

北原 紘, 山下哲範, 伊藤妙子, 阪上雅治, 山中敏彰 「耳鳴を可視化する」第30回奈良脳神経ネットワーク研究会 2015

北原 紘, 山下哲範, 伊藤妙子, 阪上雅治, 道場隆博 「突発性難聴聴力固定後の耳鳴経過」第1回耳鳴・難聴研究会 2015

岡安 唯, 西村忠己, 齋藤 修, 下倉良太, 山下哲範, 細井裕司, 北原 紘 「骨導超音波語音の知覚メカニズムに関する検討 スピーチノイズの影響」日本聴覚医学会 2015年

山下哲範, 北原 紘 「耳鳴の治療 薬物療法から音響療法まで」日本音響学会(招待講演) 2014

岡安唯, 浦谷悠加, 西村忠己, 中川誠司, 山下哲範, 細井裕司, 北原 紘 「骨導超音波の temporal window of integration について」日本聴覚医学会 2014年

6 . 研究組織

(1)研究代表者

山下 哲範 (YAMASHITA, Akinori)
奈良県立医科大学・医学部・学内講師
研究者番号：50588522