

平成 30 年 6 月 12 日現在

機関番号：51303

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26350826

研究課題名(和文)「骨導マップ」による剣道難聴のメカニズム解明

研究課題名(英文) Bone conduction mapping for determining the cause of hearing loss in kendo players

研究代表者

濱西 伸治 (Hamanishi, Shinji)

仙台高等専門学校・総合工学科・准教授

研究者番号：00374968

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：剣道難聴発生メカニズムを明らかにするため、頭部において最も衝撃を受ける頻度が高い打突部に着目し、頭蓋骨模型に竹刀で打撃を与えた時の振動である「骨導」の伝播を、模型に貼り付けたひずみゲージにより測定した。また、実験より得られた結果を、ヒト頭部モデルを用いたシミュレーションの結果と比較し、剣道難聴発生メカニズムを考察した。

ヒト頭蓋骨模型を用いた骨導計測実験の結果より、ヒト頭蓋骨模型への打撃により発生した過大な骨導は、前額部および後頭部を伝播していることから、脳組織に物理的なダメージを与えている可能性が示唆された。また、これらの骨導の主要な周波数成分は約0.1kHzであることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：Kendo, Japanese fencing, is a modern martial art, which descended from swordsmanship, and is widely practiced in Japan, Korea and many other countries today. Many audiometric studies have shown that kendo training over many years often causes sensorineural hearing loss at 2kHz and/or 4kHz. Although the risk of kendo-associated hearing loss has long been known, its mechanism is still unclear. Our hypothesis is that the cause of hearing loss by kendo may possibly be related to accumulation of small concussions in the inner ear by the impact of the bamboo sword on the head, which is the most common target area, or by excessive noise of shouting during kendo training and matches. In this study, in order to evaluate the effects of impact on bone conduction, we made a “bone conduction map” by experiments using a human skull model and results were compared simulation results using FE computational model of a human head.

研究分野：生体工学

キーワード：骨導 剣道 難聴 打撃 有限要素法

1. 研究開始当初の背景

日本古来の武道である剣道は、現在、老若男女を問わず広く普及している。剣道愛好者の中には、長年にわたり竹刀同士が打ち合う音・かけ声・面を打たれた時の衝撃などに起因する「剣道難聴」と呼ばれる難聴患者が多いとされている。剣道難聴の症例に関する報告はいくつかなされており、周波数 2kHz および 4kHz での聴力低下が著しいという調査結果が報告されている。Fig.1 に本校剣道部員を対象にした聴力検査結果を示す。この結果からも剣道経験年数が多くなるにつれて、聴力が低下している傾向がみられる。しかし、剣道難聴の詳しい発生メカニズムは未だに解明されていない。

これまで本研究室では、剣道経験者を対象に剣道の練習前後で聴覚由来の 3 種類の生体計測を行い、頭部への打撃による聴覚器官・脳中枢への影響は、打突によって頭蓋骨を伝わる振動である「骨導」が大きな要因となっているのではないかという予想に至った。

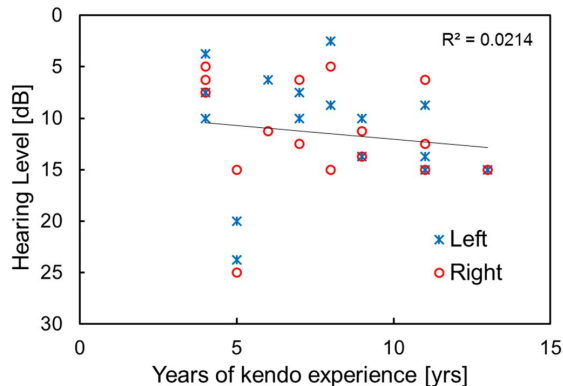


Fig.1. Relationship between years of kendo experience and hearing level measured by audiometry. The thin solid line is linear approximation (n=16).

2. 研究の目的

剣道愛好者の中には長年にわたり剣道を続けた結果、難聴患者が多いことが報告されているが、「剣道難聴」の起因は未解明である。本申請では、これらを明らかにするため、頭蓋骨を伝わる「骨導」に着目し、面防具への打撃によって発生した大きな骨導が、聴覚器官・頭蓋骨・脳の中核にどのようなダメージを与えているのかを頭蓋骨を用いた計測（実験）により作成した「骨導マップ」と、有限要素法により構築した面防具・ヒト頭部モデルを用いた衝撃解析（理論）から解明することを試みる。

3. 研究の方法

ヒト頭蓋骨模型を用いた、骨導計測装置の全体図を Fig.2 に示す。国内では頭蓋骨を用いた実験の実施が困難であるため、本研究ではヒトの頭蓋骨の素材・特性と非常に近い頭蓋

骨模型 (BONE like™, 3B Scientific) を用いて骨導計測を行った。石膏・粘土で製作した頭部にヒト頭蓋骨模型を固定し、頭蓋骨表面の打突部近傍・前額部・頭頂部・後頭部・側頭部(左右)・顎部・耳部(左右)の 9 点に、2 軸のひずみゲージ (KFG 120Ω2, KYOWA) を貼付した。

簡易打撃装置は、ドラムのフットペダルと小型竹刀を組み合わせることで、5 kg の一定の打撃力を打突部に与え、打ち下ろした後バネと竹刀の自重が釣り合っている状態に戻ることで実際の剣道の面を打った後の竹刀を引く動作を再現させた。そして、それらの実験装置を用いて、ヒト頭蓋骨模型表面の各部位における、ひずみの時間波形を計測・記録した。

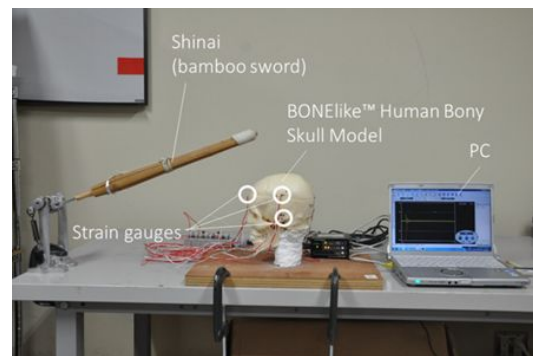


Fig.2. Experimental setup for bone conduction map using a skull bone model. Impact force was applied by a device with miniature Shinai.

4. 研究成果

骨導計測によって得られた打突部近傍でのひずみの時間波形を Fig.3 に示す。計測した 9 点のうち、打突部付近の模型正面方向で最も大きなひずみが得られた。

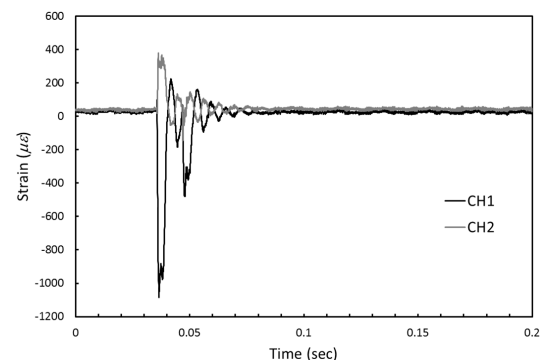


Fig.3. Time history response of strain impact area. CH1 and CH2 shows anterior-posterior and lateral axes, respectively.

そこで、打突部付近でのひずみの最大値を基準として、頭蓋骨上の各部位で計測したひずみの最大値を矢印の長さで表した「骨導マップ」を Fig.4 に示す。

打突部以外では，前額部と後頭部でひずみが大きくなっており，打突による過大な骨導により脳組織に物理的なダメージを与えている可能性が示唆された．一方，耳部でのひずみは前額部や後頭部と比較して極端に小さく，耳部での骨導と聴覚器官へのダメージとの関連性は認められなかった．

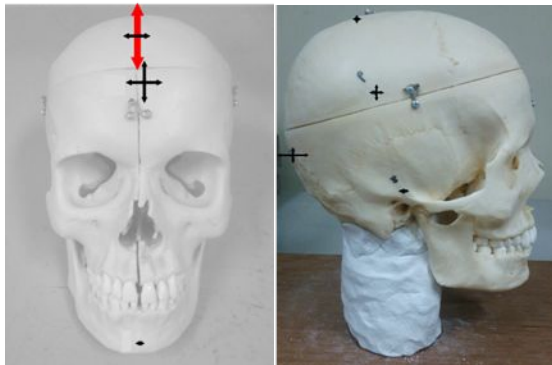


Fig.4. Bone conduction mapping by impact on the skull model. Length of each lines shows ratio of strain to maximum strain value at impact point (thick arrow line) .

打突部付近・耳付近・後頭部それぞれのひずみの時間波形を FFT により周波数で解析したものを Fig.5 に示す．竹刀による打突により 0.01kHz 付近 および 0.1kHz と 0.15kHz 付近の骨導成分が発生していることが分かった．その他の測定部位においても，0.1kHz および 0.15kHz 付近のみで波形のピークが現れ，この 0.1kHz 付近での周波数成分の骨導が頭蓋骨全体を伝播している可能性が示唆された．

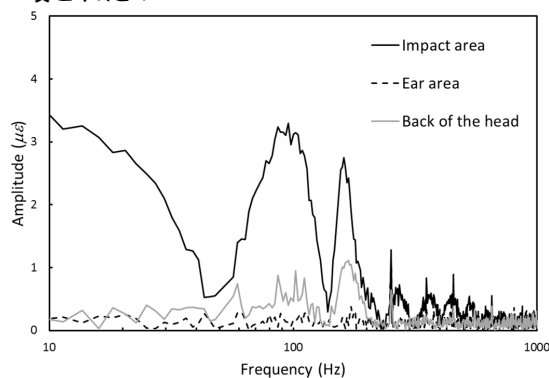


Fig.5. Frequency response of the strain amplitude at impact, ear, and back of the head areas.

これらの結果をヒト頭部モデルを用いたシミュレーションにより再現した．シミュレーションに用いたヒト頭部モデルの概略図を Fig.6 に示す．このモデルは，頭蓋骨，脳などの軟組織に加え，複雑な聴覚器官も組み入れられた世界で初めてのモデルである．今回の実験は頭蓋骨モデルを用いての実験で

あったため，まず，頭蓋骨のみのヒト頭部モデルを用いたシミュレーションを行った．シミュレーションでは，ヒト頭蓋骨モデルに打撃実験と同様に，400N の衝撃をインパルス状に与えた時のヒト頭部各部における振動を計算により求めた．打突部付近・耳付近・後頭部それぞれの振動速度を周波数解析した結果を Fig.7 に示す．Fig.5 のヒト頭蓋骨モデルを用いた実験での結果と比較すると，実験と同様に 0.1kHz 付近および 0.15kHz 付近で波形のピークが現れていることが分かる．この結果から，ヒト頭蓋骨モデルを用いた実験の妥当性が得られ，「骨導マップ」の作成が，ヒト頭部への打撃と骨導の関係明らかにするための有効な手法であるということが示された．

頭蓋骨に脳などの軟組織および聴覚器官を加えたヒト頭部モデルでも同様のシミュレーションを行った．聴覚器官の蝸牛全体における振動を周波数解析した結果を Fig.8 に示す．Fig.5 及び Fig.7 の結果と比較すると，波形のピークは 30Hz 付近へと大きく低下していることが分かる．これは，シミュレーションモデルに軟組織が組み入れられることにより，固有振動数が低下したためであるが，得られた振動速度の大きさは，通常の音による振動に比べて非常に大きく，打突による骨導により，脳組織へ何らかの物理的なダメージを及ぼすことで，聴力低下の一因となっている可能性が示唆された．

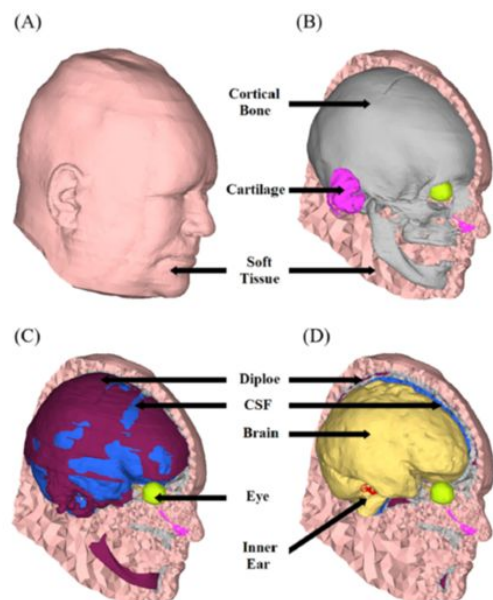


Fig.6. FE computational model of a human head. This model includes (A) skin, (B) skull, (C) brain and cartilage and (D) auditory peripheries.

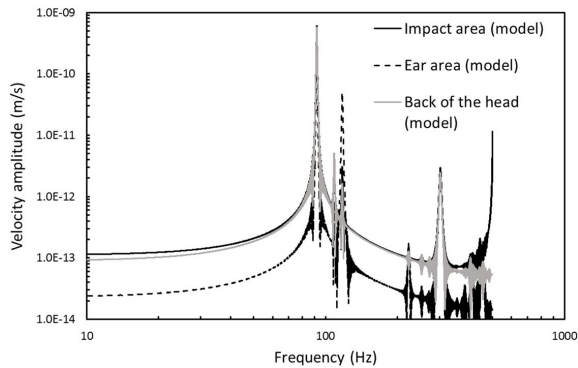


Fig.7. Frequency response of the velocity amplitude at impact, ear, and back of the head areas.

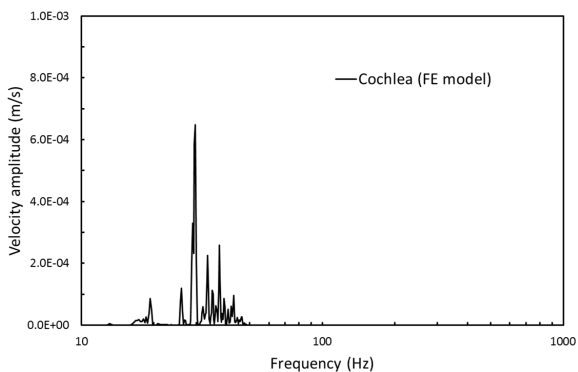


Fig.8. Frequency response of the velocity amplitude of the cochlea.

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1件)

Shinji HAMANISHI, Namkeun KIM, Seongho MO. Impact-induced Bone Conduction Simulation to Determine the Cause of Hearing Loss in Kendo Players. Proceedings of the 2017 International Budo conference, 査読有, 48-49, 2017.

〔学会発表〕(計5件)

菊地航平, 濱西伸治. 剣道打撃時の骨導に及ぼす頭部軟組織の影響. 日本機械学会東北学生会 第48回学生員卒業研究発表講演会, 福島県郡山市, 2018年3月7日

Shinji HAMANISHI, Namkeun KIM, Seongho MO. Impact-induced Bone Conduction Simulation to Determine the Cause of Hearing Loss in Kendo Players. 2017 International Budo conference, Japanese Academy of Budo 50th Anniversary Conference, Osaka, Sep 6, 2017

浅野峻太, 濱西伸治. 頭蓋骨模型を用いた剣道打撃時の骨導分布. 日本機械学会東北学生会 第47回学生員卒業研究発表講演会, 宮城県多賀城市, 2017年3月8日

濱西伸治, Kim Namkeun, 青木良浩, 和田仁. 骨導マップによる剣道難聴発生メカニズムの解明. 日本機械学会 第29回バイオエンジニアリング講演会, 名古屋, 2017年1月20日

豊田 俊一, 佐藤 一志, 濱西伸治. 有限要素法頭部モデルを用いた剣道打撃シミュレーション. 日本機械学会第44回学生員卒業研究発表講演会, 米沢, 2014年3月11日

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

濱西伸治 (HAMANISHI, Shinji)
仙台高等専門学校・総合工学科・准教授
研究者番号: 00374968

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4)研究協力者 ()