

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：32661

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K09858

研究課題名（和文）電気刺激による平衡コントロール -両側前庭機能障害・転倒への新たなアプローチ-

研究課題名（英文）Equilibrium control by the electrical stimulation -New approach for bilateral vestibular disorder and fall

研究代表者

牛尾 宗貴 (Ushio, Munetaka)

東邦大学・医学部・講師

研究者番号：70361483

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：健常者と末梢前庭機能高度低下症例では、足底圧の変化と重心動揺が生じるタイミングが異なることを明らかにした。また、重心の動揺範囲は閉眼により左右・前後方向ともに増大するが、身体各部の動作範囲は閉眼により左右方向で増大するものの、前後方向では不変であることを明らかにした。8チャンネルの電気刺激装置を用いて健常者の頭部を電気刺激し、一側末梢前庭機能高度低下症例の体平衡、足底圧を健常者で再現した。また、閉眼起立時にふらつかせ、頭部に装着した加速度計からの情報を演算して電気刺激としてフィードバックさせるプログラムを作成した。電気刺激の波形を複数作成して、より早期に姿勢を正常化できる条件を決定した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

両側前庭機能障害症例や高齢者では、平衡障害による転倒が問題となる。現在行われている薬物療法やリハビリテーションなどの保存的治療には限界があり、人工前庭器や自立支援ロボットにもまだ困難な点がある。一方、電気刺激を用いて平衡障害にリアルタイムかつ持続的にアプローチする試みはない。本研究は、体平衡について詳細な検討を行い、そのデータに基づいて電気刺激を用いたリアルタイムかつ持続的な平衡コントロールをはかる方法を創出する点で学術的意義があると考えられる。また、平衡障害に対する保存的治療と手術（人工前庭器）の間となる、難聴に対する補聴器に相当するアプローチ法を提案するという点で社会的意義があると考えられる。

研究成果の概要（英文）：We found that the timing of plantar pressure change and center-of-gravity sway differs between normal subjects and patients with severely impaired peripheral vestibular function. The range of center of gravity sway increased with eye closure in both the lateral and anteroposterior directions, but the range of each body part movement increased in only the lateral direction with eye closure. The body equilibrium and plantar pressure of the patients with severely impaired unilateral peripheral vestibular function were reproduced in normal subjects by stimulating the head using an electrical stimulator. In addition, a program was created in which the subject was made to wobble when standing with the eyes closed, and information from a head-mounted accelerometer was calculated and fed back as electrical stimulation. Multiple waveforms of electrical stimulation were created to determine the conditions under which the posture could be normalized more quickly.

研究分野：耳鼻咽喉科

キーワード：前庭 重心 電気刺激 モーションキャプチャー

1. 研究開始当初の背景

めまい、ふらつきなどの平衡(バランス)障害は一般的な障害で、特に高齢者の多くが経験する問題であり、その一因である両側前庭機能障害は患者の生活の質を著しく低下させ、特に高齢者においては転倒のリスクを高める。転倒は、活動性低下や寝たきり状態にもつながりうる重大な、しかし稀ではない事故で、本邦において家庭内で発生した負傷による救急要請の7割程度は転倒によるものである(東京消防庁の統計)。加えて、日本人の死因としての転倒・転落死は増加傾向にある(厚生労働省の人口動態統計)。

転倒には前庭機能障害による平衡障害以外にも筋力低下など多くの要因が関係するといわれているが、平衡機能の改善や向上のための保存的治療、すなわち筋力トレーニングや前庭リハビリテーションには努力が必要かつ効果が限定的であるため、実臨床ではしばしば困難を伴う。これは、提案した筋力トレーニングや前庭リハビリテーションなど患者自身に努力を強いる治療に必ずしも協力的ではない患者が多いことにもよる。

一方、両側前庭機能障害による平衡障害に対する別のアプローチとしては、欧米を中心に人工前庭器の開発もすすんでいる(Guyot 2016)が、手術が必要なうえ手術適応についても議論がある。また、HAL(CYBERDYNE社)のような自立支援ロボットの適用も平衡障害に対する解決策となりうるが、大規模な装置と多大なコストが必要であり、高度の両側前庭機能障害を有する患者の多くに恩恵をもたらすことは難しい。このため、平衡障害に対して簡便で即効性が期待でき、比較的低侵襲、低コストのアプローチ法開発は喫緊の課題である。

「即効性を期待しづらく、努力が必要なトレーニングやリハビリテーション療法、手術が必要で適応も難しい人工前庭器や大規模な機器とコストが必要な支援ロボットなどではない、簡便で即効性を期待できる平衡障害へのアプローチ法はないのか」と考え、本研究を立案した。

2. 研究の目的

申請者らの最終的な目標は、電気刺激を用いて頭部と体幹の異常な動揺を軽減する「補衡器(仮称)」を開発し、前庭機能低下や軽度の筋力低下などを原因とする平衡障害(ふらつき、めまい)と、それによる転倒を撲滅することである。基礎的研究となる本研究課題の目的は、平衡障害を有する症例の頭部(左右の側頭部と耳前部、耳後部)、下肢に電気刺激を行い、リアルタイムかつ持続的に健常者と同等の平衡を得られる条件を見出すことである。

3. 研究の方法

蓄積されたデータを解析して相違点を抽出：

すでに蓄積されている健常者、一側または両側末梢前庭機能高度低下症例2200例強、中枢障害症例の平衡機能検査と重心動揺計検査と同時に行った足底圧検査、モーションキャプチャーを用いた体平衡3D解析の結果を解析する。

静的条件下での平衡コントロール：

静的条件下で健常者、一側または両側末梢前庭機能高度低下症例、中枢障害症例の平衡機能検査と体平衡3D解析、足底圧検査を行う。さらに、8チャンネルの電気刺激装置を用いて健常者の左右の側頭部と耳前部、耳後部、下肢を電気刺激し、一側末梢前庭機能高度低下症例の体平衡、足底圧の再現を健常者で試みる。また、逆に、一側および両側末梢前庭機能高度低下症例の左右の側頭部と耳後部、腰部、下肢を電気刺激し、健常者の体平衡、足底圧の再現を一側および両側末梢前庭機能高度低下症例で試みる。

動的条件下での平衡コントロール：

歩行や走行など、日常生活の多くの時間は動的条件下にあるが、動的条件は平衡障害をより顕著にする。動的条件下での対象者に同様の検査と電気刺激を行う。

頭部に装着する出力器を作成：

頭部に装着する3D加速度計を含む出力器を作成して、加速度情報を出力器から電極に伝達できるようにする。さらに、から得られた「頭部と体幹で動揺している部位と程度、これらを軽減できる頭部および体幹の電気刺激条件」から、加速度情報を電気刺激に変換する条件を明らかにする。

出力器を装着して平衡をコントロール：

の対象者に、で作成した出力器を頭部に装着して電気刺激を行い、静的条件および動的条件下で頭部と体幹の動揺が健常者と同等になるよう平衡コントロールを試みる。

4. 研究成果

蓄積されたデータを解析して相違点を抽出：

すでに蓄積されている健常者、一側・両側末梢前庭機能高度低下症例、中枢障害症例の平衡機能と重心動揺計と同時に行った足底、モーションキャプチャーを用いた体平衡 3D 解析の結果を解析した。重心が動揺する際、健常者と末梢前庭機能高度低下症例では、足底圧の変化と重心動揺が生じるタイミングが異なることが明らかになった。

また、静的条件における体平衡の詳細な解析を行い、重心の動揺は左右・前後方向ともに閉眼により増大するが、身体各部の動作範囲は左右方向で閉眼により増大するものの前後方向では不変であることを明らかにした。さらに、左右・前後方向の動揺は閉眼により低周波数の割合が増大することを明らかにした。

静的条件下での平衡コントロール：

静的条件下（重心動揺計と足底圧計の上に両脚起立）で健常者、一側または両側末梢前庭機能高度低下症例、中枢障害症例の平衡機能（冷温交互刺激による温度刺激を含む電気眼振計、前庭誘発筋電位、定量的 head impulse test）と体平衡 3D 解析、足底圧測定を行った。健常者については各種検査が終了している。さらに、8 チャンネルの電気刺激装置を用いて健常者の左右の側頭部と耳前部、耳後部、下肢を電気刺激し、一側末梢前庭機能高度低下症例の体平衡、足底圧の再現を健常者で試みた。また、閉眼起立時にふらつかせ、頭部に装着した加速度計からの情報を演算して電気刺激としてフィードバックさせるプログラムを作成した。さらに、電気刺激の波形を複数作成して、より早期に姿勢を正常化できる条件を探った。現時点で設定した（体平衡の破綻により生じた）頭部加速度をトリガーとして電気刺激した場合に生じるタイムラグを解消するための波形は、ひとまず見いだした。

動的条件下での平衡コントロール：

現在続行しているが、データの蓄積が遅れている。

頭部に装用する出力器を作成：

頭部に装用する 3D 加速度計を含む出力器の試作機を作成した。現時点ではやや大きさや重さの点で問題があるが、固定方法の工夫と小型化を試みている。

出力器を装着して平衡をコントロール：

遅れている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Munetaka Ushio, Manabu Kataoka, Kenji Iyama, Ayami Shimizu, Mitsuya Suzuki	4. 巻 6
2. 論文標題 Nose blowing-induced biphasic nystagmus of unknown origin	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Acta Oto Laryngologica Case Reports	6. 最初と最後の頁 110-115
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ushio M, Masahara H, Sakamoto M, Ohta Y, Maeno T, Suzuki M	4. 巻 132
2. 論文標題 Conjunctivoductivo-Dacryocystorhinostomy: A Novel Surgery for Intractable Canalicular Obstruction.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Laryngoscope	6. 最初と最後の頁 728-731
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/lary.29861	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Munetaka Ushio, Junko Ishimaru, Sayaka Omura, Yasushi Ohta, and Mitsuya Suzuki	4. 巻 7
2. 論文標題 Nasal floor augmentation for empty nose syndrome	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Acta Oto Laryngologica Case Reports	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ushio Munetaka, Kitazawa Yoshihisa, Tamura Yuya, Yoshida Tomoe, Uchiyama Michiko, Takanami Taro, Tanaka Toshiyuki, Ikemiyagi Yoshihiro, Ikemiyagi Fuyuko, Ohta Yasushi	4. 巻 15
2. 論文標題 High Cardio-Ankle Vascular Index Values in Idiopathic Sudden Sensorineural Hearing Loss Patients Indicate Better Prognosis	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Cureus	6. 最初と最後の頁 e49400
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7759/cureus.49400	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Ushio Munetaka, Tanaka Toshitake, Ikemiyagi Fuyuko, Totsuka Hanako, Takanami Taro, Ikemiyagi Yoshihiro, Kitazawa Yoshihisa, Nomura Toshiyuki, Ohta Yasushi, Yoshida Tomoe	4. 巻 15
2. 論文標題 Higher Cardio-Ankle Vascular Index Values in Patients With Vestibular Neuritis May Indicate a Better Prognosis	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Cureus	6. 最初と最後の頁 e49151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7759/cureus.49151	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Toshitake Tanaka, Munetaka Ushio, Hitoshi Terada, Taro Takanami, Seikei Kan, Hiroaki Masuda, Seikei Kan, Kotaro Ochi, Hitomi Ikeda, Ryosuke Yoshino, Yasushi Ohta	4. 巻 15
2. 論文標題 The Caloric Test Is More Consistent with the Presence of Endolymphatic Hydrops than the Vestibular-Evoked Myogenic Potential Test in Meniere's Disease	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Cureus	6. 最初と最後の頁 e51384
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7759/cureus.51384	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計4件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 牛尾宗貴, 片岡 学, 井山建二, 清水彩未, 鈴木光也
2. 発表標題 電気刺激による体平衡制御 の試み 健常者を対象として
3. 学会等名 第79回日本めまい平衡医学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 池田ひとみ, 牛尾宗貴, 吉野僚介, 清水彩未, 片岡学, 井山健二, 山本昌彦, 吉田友英
2. 発表標題 立位における身体各部の動作範囲と重心動揺の比較 - モーションキャプチャーシステムを用いて -
3. 学会等名 日本めまい平衡医学会総会・学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 池田ひとみ、牛尾宗貴、吉野僚介、増田大晃、韓成奎、越智浩太郎、矢部響樹、高浪太郎、田中稔丈、黒崎元良、太田康、清水彩未、片岡学、井山建二、山本昌彦、吉田友英
2. 発表標題 立位における頭部動揺の周波数解析 - モーションキャプチャシステムを用いて -
3. 学会等名 日本耳鼻咽喉科学会総会・学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 池田ひとみ、牛尾宗貴、吉野僚介、増田大晃、韓成奎、越智浩太郎、矢部響樹、高浪太郎、田中稔丈、黒崎元良、太田康、清水彩未、片岡学、井山建二、山本昌彦、吉田友英
2. 発表標題 モーションキャプチャシステムを用いて測定した立位における頭部動揺の周波数解析
3. 学会等名 姿勢と歩行研究会
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	鈴木 光也 (Suzuki Mitsuya) (50302724)	東邦大学・医学部・教授 (32661)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------