

令和 6 年 6 月 24 日現在

機関番号：25403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K12628

研究課題名(和文) 立位姿勢制御における前庭覚の役割を段階的・定量的に解明する新規な評価法の開発

研究課題名(英文) Development of a novel assessment method to elucidate the role of vestibular sensation in standing posture control in a stepwise and quantitative manner

研究代表者

常盤 達司(Tokiwa, Tatsuji)

広島市立大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号：00636219

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：立位姿勢制御における前庭覚の役割を段階的・定量的に解明することを目指し、音入力を用いた前庭覚機能及び立位姿勢制御機能の新たな評価法を提案・開発することを目的とした。研究期間中に、1) 強大音呈示システムの構築、2) 刺激音の周波数ならびに音圧の校正、3) 校正された強大音を用いた前庭誘発筋電位の計測、4) 校正された強大音を用いた重心動揺の計測・評価を実施した。本研究を通して音刺激により活性化される前庭覚が立位姿勢制御に有効である可能性を考察することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

立位姿勢制御における前庭覚の役割を段階的・定量的に解明することを目指し、音入力を用いた前庭覚機能及び立位姿勢制御機能の新たな評価法を提案・開発した。本研究を通して、従来未解明であった音が前庭覚および立位姿勢に及ぼす影響について一定の知見を得ることができた。本研究を応用することで、高齢者における「めまい」「ふらつき」を能動的に減少させる新たなリハビリテーション手法の提案やリハビリテーション機器を開発できる可能性があり社会的意義が大きいと考えられる。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study was to propose and develop a new evaluation method for vestibular function and upright postural control using auditory input, with the goal of elucidating the role of vestibular sensation in upright postural control in a stepwise and quantitative manner. During the research period, we carried out: 1) construction of a high-intensity sound presentation system, 2) calibration of stimulus sound frequency and sound pressure, 3) measurement of vestibular evoked myogenic potentials using calibrated high-intensity sounds, and 4) measurement and evaluation of center of gravity sway using calibrated high-intensity sounds. Through this research, we were able to consider the possibility that vestibular sensation activated by auditory stimuli may be effective in upright postural control.

研究分野：生体医工学

キーワード：立位姿勢制御 音刺激 めまい・ふらつき 前庭誘発筋電位

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ヒトの立位姿勢は、①感覚器、②脳中枢、③運動器で制御されている。具体的には、①視覚、前庭覚、下肢体性感覚の各感覚器にて姿勢に関する情報を取得し、これらの情報を②脳中枢にて統合・処理し、その結果を③骨、関節、筋、腱などの運動器へ送ることで立位姿勢を制御する。立位姿勢に対する制御機能の低下は、例えば良性発作性頭位めまい症に起因する「めまい」や「ふらつき」などの平行機能障害を引き起こし、特に高齢者に顕著である。また高齢者の平行機能障害は、転倒などによる寝たきりに直結することから、超高齢化社会の現在において、健康寿命を延ばす上での大きな社会問題になっている。

一般に、年齢を重ねても視覚機能が極端に低下することは稀であることから、立位姿勢制御の低下には前庭覚が主に関与していると考えられている。このような背景から、音を用いて前庭覚を賦活させ、これにより立位姿勢制御の低下を改善させるという手法が提案されている。しかしながら、音入力の前庭覚機能に及ぼすメカニズムや、前庭覚機能が立位姿勢に与える効果等の学術的メカニズムは未だ解明されていない。そこで、本研究では音呈示により活性化される前庭覚が立位姿勢制御に及ぼす効果を検証した。

2. 研究の目的

音入力を用いた前庭覚が立位姿勢に及ぼす影響を段階的・定量的に評価できる計測方法を確立し、これにより立位姿勢における一連の制御メカニズムを解明することを本研究の目的とした。

3. 研究の方法

以下3つの研究に取り組んだ。まず、(1)音入力により水平半規管等の前庭覚が刺激された結果、頸部に発生する前庭誘発筋電位(VEMP: Vestibular Evoked Myogenic Potential)に着目し、音入力により前庭覚機能を制御した。次に、(2)閉眼により視覚情報を、そして立位姿勢下にラバーシート(耳鼻咽喉科で重心動揺検査をする際に用いられるクッション)を設置することで下肢体性感覚情報を遮断(攪乱)し、入力(前庭覚情報)と出力(立位姿勢)とが1対1の関係になる計測方法を構築した。(3)上記(1)で得られた音入力により前庭覚機能を制御し、前庭覚が立位姿勢に及ぼす仕組みを調査した。

(1) 音入力システムの構築

ヘッドホン(SONY, MDR-Z7)を経由して音を被験者に入力するシステムを構築した。音は、所望の音をパソコンなどで生成して呈示しても、パソコンのサウンドカードやヘッドホンの性能などの性能限界、共振などが原因で所望の音が呈示されない場合がある。そこで、ヘッドホンにて呈示された音の音圧周波数特性を事前に校正した。ファンクションジェネレータでホワイトノイズを作成し、アンプにて105dBの音源になるように音圧を調整した。さらに、ヘッドホンをダミーヘッド(サザン音響, SAMAR Type4500)に装着し、本システムが所望の周波数特性を持つことを確認した。

(2) 音と前庭誘発筋電位との関係

呈示音が立位姿勢制御に関与する1つの器官である前庭覚に与える刺激効果を定量的に計測評価することを目的として、呈示音下での前庭誘発筋電位(VEMP)を計測した。被験者にヘッドホンを装着し、頸筋に張力が加わる程度にやや頸を起こして椅子に着座させた。さらに、被験者の頸、鎖骨、額に電極を貼付した。(1)にて音圧周波数特性を明らかにした100 dBもしくは70 dBのホワイトノイズを4msec, 5Hzの頻度でヘッドホンより呈示した。呈示タイミングは、電気刺激装置(日本光電, SEN-3401)を用いて制御した。一連の実験での筋活動をワイヤレス筋電計(追坂電子, OE-WS1222)にて計測した。同時記録された呈示タイミングをトリガ信号として、計測された筋電図を加算平均処理し、前庭誘発筋電位を算出した。

(3) 音入力重心動揺に及ぼす影響の調査

音呈示下(音入力により前庭覚情報を制御)での立位姿勢を定量的に評価するために、ヒトの重心動揺を計測した。具体的には、被験者にヘッドホンを装着し、申請者らが提案している重心動揺計の上で立位姿勢を保持するように指示した。立位姿勢に関与する視覚を遮断し、体性感覚を攪乱するために、閉眼でラバーシート(ANIMA社, クッション)を用いた。ラバーシートを重心動揺計のプレートの上に設置し、その上で立位姿勢を保持するよう指示した。実験は「閉眼・音無」「閉眼・70 dB音」「閉眼・100 dB音」の3条件で実験した。1試行30秒、各条件5試行ずつ休憩を挟んでランダムに実施した。

4. 研究成果

(1) 音入力システムの構築

構築した音呈示システムから呈示されたホワイトノイズの周波数特性を図1に示す。実験結果より、可聴域の周波数成分を一様に含む所望の音源が呈示できるシステムであることが確認された。

(2) 音入力と前庭誘発筋電位との関係

計測された誘発電位の加算回数結果の一例を図2に示す。横軸は時刻(ms)、縦軸は筋電位(μ V)を表す。時刻の0は呈示音の入力タイミングを示す。典型的な前庭誘発筋電位は、潜時約13msに陽性の電位、潜時約23msに陰性の電位が観測されることが知られている。入力音圧が70dBでの実験に比べて、入力音圧が100dBでの実験結果において、前庭誘発筋電位の特徴を有する筋電図が計測されていることが示された。

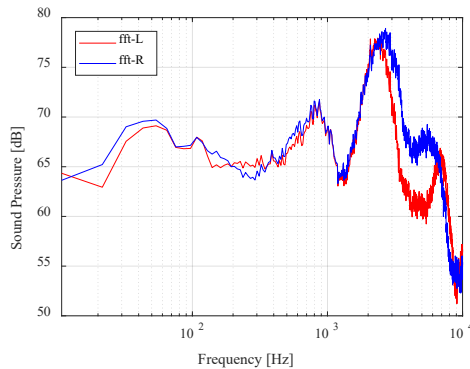


図1 呈示音源の周波数特性

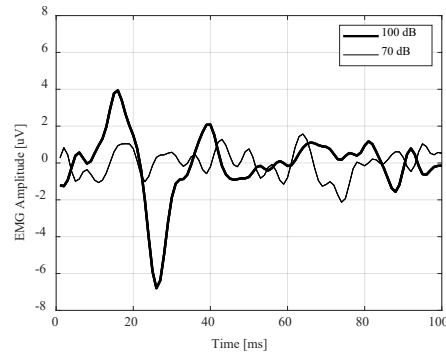


図2 入力音圧と誘発筋電位

(3) 音入力重心動揺に及ぼす影響の調査

計測された重心動揺の変化から、総軌跡長、矩形面積、外周面積、左右方向重心変位、前後方向重心変位の計5項目に着目して解析した。統計解析には3標本の反復測定モデルを考慮した一元配置分散分析を用いた。計測された重心動揺と総軌跡長における解析結果の一例を図3に示す。図3(左)が重心動揺の軌跡、図3(右)が重心動揺の総軌跡長の統計解析結果を示す。結果より、解析項目の総軌跡長において、「閉眼・100 dB音」条件が他の条件に比べて有意に減少する結果が得られた。

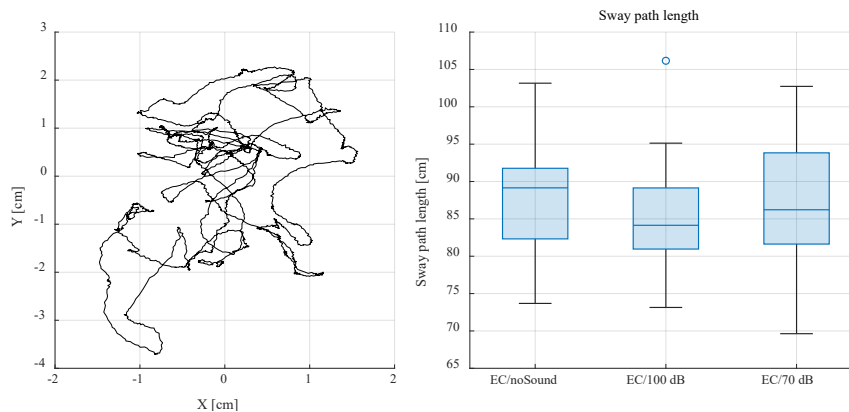


図3 計測された重心動揺軌跡(左)と軌跡長の統計解析結果(右)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 常盤達司, 工田昌也
2. 発表標題 複数の指向性スピーカから呈示された音が健常成人の重心動揺に及ぼす効果
3. 学会等名 第82回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 森廣亮哉, 夕田祥史, 常盤 達司
2. 発表標題 随意・不随意に立位姿勢を制御した際の下腿筋と重心動揺の関係
3. 学会等名 第46回日本生体医工学会中国四国支部大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 夕田祥史, 常盤達司
2. 発表標題 非可聴音が重心動揺に及ぼす影響について
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小野坂浩, 常盤達司
2. 発表標題 指向性のあるホワイトノイズが重心動揺軽減に及ぼす効果について
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 常盤達司, 工田昌也
2. 発表標題 指向性スピーカから呈示された音が健常成人の重心動揺に及ぼす影響
3. 学会等名 第81回日本めまい平衡医学会総会・学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 夕田祥史, 常盤達司
2. 発表標題 非可聴音が重心動揺と下腿部の筋電図に及ぼす影響について
3. 学会等名 第62回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 津崎 星, 常盤 達司
2. 発表標題 左右に回転する指向性スピーカーから呈示された音が重心動揺に及ぼす効果に関する研究
3. 学会等名 日本生体医工学会 東海支部 若手研究者発表会2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福田 素大, 常盤 達司, 福田 浩士
2. 発表標題 頭の傾きにより調整された音が重心動揺に及ぼす効果に関する研究
3. 学会等名 第44回日本生体医工学会 中国四国支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福田素大, 長谷弘美, 常盤達司
2. 発表標題 視覚と下肢体性感覚を遮断・攪乱した条件下における音刺激が重心動揺軽減に及ぼす影響
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2021
4. 発表年 2021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

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