

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：82404

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K19859

研究課題名（和文）神経疾患患者における姿勢制御障害の個人特性に応じた立位バランス介入方法の考案

研究課題名（英文）Individualized Postural Balance Intervention Methods for Neurological Disorders Patients with Postural Control Impairments

研究代表者

武田 賢太（Takeda, Kenta）

国立障害者リハビリテーションセンター（研究所）・研究所 運動機能系障害研究部・流動研究員

研究者番号：50824827

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）：本研究の目的は神経疾患患者の障害特性に合わせて重心動揺のフィードバック量をリアルタイムに変化させることで安全かつ効率的な立位姿勢の獲得を促すことであった。病型や疾患特性の異なる脊髄小脳変性症患者を対象に、重心動揺のフィードバック量を減少させた際の姿勢安定性および姿勢制御に与える影響について検証した。姿勢不安定性が大きい患者ほどリアルタイムフィードバックによって重心動揺が減少した。また、症状が重度であった1例を4年間縦断的に評価したところ、症状が進行した後もフィードバックによって重心動揺の減少や過緊張の軽減、重心動揺に対する下肢筋活動の時間応答性の向上が認められた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

リハビリテーション領域において、運動学習や姿勢安定性の向上を目的とした感覚フィードバック練習は主として視覚情報が用いられており、意図的に動揺範囲を減少させるように指示をする方法が広く用いられている。しかしながら、視覚フィードバックは効果の保持が限定的であることが報告されている。本研究で用いた手法は患者自身に対して意図的な指示をせずに重心動揺のフィードバック量を変調させることができ、ヒトが本来有している自律的な調節を無意識に促すことが可能となる。本研究成果は、神経変性疾患患者をはじめとする姿勢バランス障害を呈する患者のリハビリテーション手法の一つとして適用できると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The aim of this study was to promote the acquisition of safe and efficient upright posture by dynamically adjusting the amount of postural sway feedback in real-time, tailored to the impairment characteristics of patients with neurological disorders. We investigated the effects of reducing the feedback amount of postural sway on posture stability and control in patients with different disease types and characteristics of spinocerebellar degeneration. Patients with greater postural instability experienced a reduction in postural sway through real-time feedback. Furthermore, a longitudinal evaluation of one patient with severe symptoms over a four-year period revealed that even after symptom progression, the real-time feedback system contributed to a decrease in postural sway, alleviation of hyperactivity, and improvement in the temporal response of lower limb muscle activity to center of body's mass sway.

研究分野：リハビリテーション科学

キーワード：姿勢制御 脊髄小脳変性症 重心動揺リアルタイムフィードバック

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ヒトの立位姿勢は内的・外的要因による微細な動揺を絶え間なく繰り返しながら、自律的に制御されることで成立している。この身体動揺は体重心や足圧中心 (center of foot pressure: CoP) の位置を計測することで捉えることが可能であり、立位バランスの評価の一つとして臨床現場で広く用いられている。また、立位バランス向上を目的とした介入で CoP を視覚的にフィードバックし意識的に動揺を減らす方法が用いられている。しかしながら、近年の研究で従来の視覚的フィードバック練習の限界点として、フィードバックへの依存度の高さから、介入終了後に学習効果が保持されにくいことが報告されてきた。ヒトの立位が自律的に制御されていることを鑑みても重心動揺に対して注意を向けて意識的に動揺を抑えるという戦略が練習後に保持・汎化されることは困難であることが考えられる。

姿勢障害を呈する神経疾患患者の多くは重心動揺に対する適切な応答が困難となり、姿勢不安定性が増加する。本研究では重心動揺リアルタイムフィードバック装置 BASYS (テック技販社製) を用いて、重心動揺と同方向に床面をリアルタイムに追従させて、重心動揺を相殺しフィードバック量を減少させた際 (In-phase モード) に、患者の重心動揺量、下肢筋活動量、重心動揺に対する下肢筋活動の時間応答性がどのように変化するか検証した。一方でパーキンソン病患者の一部や純粋無動症の患者のように反応が過小になる患者も存在する。このような患者に対してはリアルタイムで重心動揺と反対方向に床面を移動させることで (Anti-phase モード)、フィードバック量を増加させる刺激が有効であると考えられる。

上記のように患者の多様な姿勢障害の特性に合わせて立位バランス向上を目的とした介入方法の確立が求められている。

2. 研究の目的

本研究の最終的な目的は神経疾患患者の姿勢障害特性に合わせて、重心動揺のフィードバック量を増加/減少させることで安全かつ効率的な立位姿勢制御の獲得を促すことであった。今回の研究期間では特に、重心動揺が過大になってしまう脊髄小脳変性症を対象として In-Phase モードの作用を検証した。

3. 研究の方法

脊髄小脳変性症 (Spinocerebellar Degeneration: SCD) 患者 25 名 (62.0±14.4 歳, SARA: 13.0 ± 6.1 点, 罹患期間: 12.0 ± 6.8 年) および健常成人 30 名 (55.6±22.4 歳) を対象とした。SCD 症例は通常の静止立位に加えて、In-phase モードを用いて重心動揺量を減衰させる条件での 30 秒間の立位課題を実施した。BASYS に搭載されている床反力計から CoP 動揺を計測し、95% 楕円面積・平均速度を算出した。

横断的な計測に加えて、上記の症例のうち姿勢不安定性が高い症例 1 名 (脊髄小脳失調症 3 型, SCA3, 41 歳男性, SARA: 13.5, 発症後 9 年) を対象に 4 年間の縦断的な姿勢計測を実施し、症状の進行に伴った姿勢制御特性の変化と In-phase モードの作用を検証した。BASYS を用いた CoP 動揺の測定に加えて、3 次元動作解析装置 (Mac3D, Motion Analysis 社製) を用いて立位姿勢、身体質量中心 (Center of body's Mass: CoM) を計測し、筋電計 (Trigno Wireless System, Delsys 社製) を用いてヒラメ筋と前脛骨筋の筋活動を計測した。4 年間で

BASYS を用いた計測を 118 回，3 次元動作解析装置・筋電計を含めた計測を 15 回実施した．CoP および CoM の 95% 楕円面積と平均速度，下肢筋活動量，重心動揺に対するヒラメ筋の時間遅れを相互相関解析にて算出した．

4．研究成果

SCD 症例は健常者と比較して CoP 動揺が増大する結果が得られた．SCD 症例において，通常の静止立位と比較して In-Phase モードによる CoP 動揺の有意な減少は認められなかったが，静止立位時の CoP 動揺が大きい患者ほど In-Phase モードによる動揺減衰の作用が大きく表れた．この結果は患者間で姿勢不安定性に差があるものの，一定以上の不安定性を呈する患者に対して In-Phase モードが有効であることを示唆する．

縦断計測を実施した SCA3 症例は 4 年間での症状が進行に伴って (SARA: 25)，姿勢不安定性の増加が認められた．その一方で，In-Phase モードを適用した際にはいずれの病期においても CoP 動揺の減少が認められた．本症例は CoP 動揺の増加に加えて，前脛骨筋の過活動 (ヒラメ筋との共収縮)，重心動揺に対するヒラメ筋活動の遅延が認められていたが，In-Phase モード実施後の通常の静止立位において，前脛骨筋活動量の軽減と重心動揺に対するヒラメ筋の時間応答性の向上が認められた．

姿勢障害を呈する神経疾患患者に対して，重心動揺のフィードバック量を減少させることで下肢筋の過緊張が軽減し，自律的な重心制御を促す結果となったと考えられる．今後は進行性の神経変性疾患患者に対する縦断計測を複数症例で実施するとともに，無動・寡動の傾向が強いパーキンソン病患者など姿勢応答が停滞している患者に対して重心動揺のフィードバック量を増加させた際の作用を検討していく．

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 5件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Hasegawa Naoya, Takeda Kenta, Mancini Martina, King Laurie A., Horak Fay B., Asaka Tadayoshi	4. 巻 15
2. 論文標題 Differential effects of visual versus auditory biofeedback training for voluntary postural sway	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0244583
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pone.0244583	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 該当する
1. 著者名 Mani Hiroki, Miyagishima Saori, Kozuka Naoki, Takeda Kenta, Taneda Kenji, Inoue Takahiro, Sato Yui, Asaka Tadayoshi	4. 巻 75
2. 論文標題 Development of temporal and spatial characteristics of anticipatory postural adjustments during gait initiation in children aged 3?10?years	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Human Movement Science	6. 最初と最後の頁 102736 ~ 102736
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.humov.2020.102736	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 該当する
1. 著者名 Yoshida K, Takeda K, Kasai T, Makinae S, Murakami Y, Hasegawa A, Sakai S	4. 巻 15
2. 論文標題 Focused attention meditation training modifies neural activity and attention: longitudinal EEG data in non-meditators	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Social Cognitive and Affective Neuroscience	6. 最初と最後の頁 215-224
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/scan/nsaa020	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 該当する
1. 著者名 Ito A, Yoshida K, Takeda K, Sawamura D, Murakami Y Hasegawa A, Sakai S, Izuma K	4. 巻 -
2. 論文標題 The role of the ventromedial prefrontal cortex in automatic formation of impression and reflected impression	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Human Brain Mapping	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/hbm.24996	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 該当する

1. 著者名 萬井太規, 宮城嶋沙織, 小塚直樹, 種田健二, 井上貴博, 佐藤優衣, 武田賢太, 浅賀忠義	4. 巻 47
2. 論文標題 5つの運動機能領域から見た健常児の歩行特性	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 理学療法学	6. 最初と最後の頁 -
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 Nishi Yuki, Osumi Michihiro, Nobusako Satoshi, Takeda Kenta, Morioka Shu	4. 巻 13
2. 論文標題 Avoidance Behavioral Difference in Acquisition and Extinction of Pain-Related Fear	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Behavioral Neuroscience	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnbeh.2019.00236	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 該当する

[学会発表] 計15件(うち招待講演 2件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 武田賢太, 大松聡子, 河島則天
2. 発表標題 脊髄小脳失調症3型症例における立位姿勢制御の経年変化
3. 学会等名 第15回パーキンソン病・運動障害疾患コンgres
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武田賢太, 河島則天
2. 発表標題 脊髄小脳失調症症例における身体運動の制御特性
3. 学会等名 第19回日本神経理学療法学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武田賢太
2. 発表標題 姿勢バランス障害の臨床症状とメカニズム
3. 学会等名 第19回日本神経理学療法学会学術大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武田賢太、河島則天
2. 発表標題 律動的な床面移動刺激に対する姿勢及び筋活動応答
3. 学会等名 第26回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤尾公哉、武田賢太、河島則天
2. 発表標題 少数電極によるロボット歩行トレーニング中の脳波計測
3. 学会等名 日本臨床神経生理学会 第51回学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武田賢太、河島則天
2. 発表標題 長期経過観察に基づく脊髄小脳失調症3型症例の病態分析
3. 学会等名 第18回日本神経理学療法学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 武田賢太, 大松聡子, 河島則天
2. 発表標題 脊髄小脳失調症3型所例における姿勢制御障害の経年評価
3. 学会等名 日本小脳学会 第11回学術集会・総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河島則天, 武田賢太
2. 発表標題 脊髄小脳変性症症例における身体運動の制御特性 - 随意的な重心前後動揺, 把持力調節特性に着目して -
3. 学会等名 日本小脳学会 第11回学術集会・総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武田賢太, 愛知諒, 大松聡子, 河島則天
2. 発表標題 脊髄小脳変性症における立位姿勢調節の推移 - 1年間の経過観察を通して -
3. 学会等名 第17回日本神経理学療法学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 武田賢太, 黒田明拓, 河島則天
2. 発表標題 律動的な床面動揺に対する立位姿勢応答
3. 学会等名 第13回Motor Control研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 武田賢太, 河島則天
2. 発表標題 脊髄小脳失調症症例の長期経過観察 - 静止立位時の重心制御に着目して -
3. 学会等名 第20回日本神経理学療法学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 坂野康介, 成田雅, 太田経介, 野田貴暉, 後村圭太, 飯田有紀, 武田賢太, 河島則天
2. 発表標題 脊髄小脳変性症患者における立位姿勢制御特性の検討
3. 学会等名 第20回日本神経理学療法学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武田賢太
2. 発表標題 姿勢バランス障害の臨床症状とメカニズム
3. 学会等名 第20回日本神経理学療法学会学術大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 後村圭太, 坂野康介, 大橋勇哉, 武田賢太, 河島則天
2. 発表標題 運動失調症例のバランス障害の制御特性評価とリハビリテーション介入事例
3. 学会等名 LIFE2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武田寛太・河島則天
2. 発表標題 律動的な床面前後動揺を用いた脊髄小脳失調症の姿勢障害に対する調節的介入
3. 学会等名 第59回日本リハビリテーション医学会学術集会
4. 発表年 2022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