

様 式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19（共通）

科学研究費助成事業 研究成果報告書



令和 6 年 6 月 16 日現在

機関番号：35309

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2023

課題番号：19K19857

研究課題名（和文）高齢者における下肢オンライン・アジャストメントに関する研究

研究課題名（英文）A study on the online adjustment of the lower extremity after voluntary perturbation in young and older adults

研究代表者

木村 大輔（Kimura, Daisuke）

川崎医療福祉大学・リハビリテーション学部・講師

研究者番号：10759658

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は経頭蓋直流電気刺激（tDCS）により特定の脳部位の機能を抑制・促進することで、下肢のオンライン調節における変化を捉え、特定の脳領域の関与を明らかにし、転倒分野のリハビリテーション介入に新たな治療方略を構築することである。そこで我々は、持続的姿勢調節（CPAs）に注目し、若年者と高齢者における随意的揺動後の動揺収束様式の違いを計算論的アプローチにて明らかにした。また若年者30名に対してtDCSを用いて頭頂葉に抑制刺激を与えた実験を実施しデータを取得したが、本研究のメインに当たる部分の成果を上げることができなかった。ここは本研究のため主要部になるため今後も引き続き研究を継続していく。

研究成果の学術的意義や社会的意義

転倒分野におけるリハビリテーションでは、転倒に関連する筋力などの身体的特徴の研究や運動習慣の研究に基づき、地域の体操教室などが頻繁に開かれている。そのような研究とは異なり、本研究は、転倒しそうになった瞬間にどのように姿勢を修正するかに焦点を当てた。本研究の結果から考えられることは、動揺後の重心が収束する曲線の傾きと静止時の片脚立位能力が、重要となる可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to clarify the involvement of specific brain regions in the online adjustments of the lower limb by inhibiting or stimulating their function with Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) and to establish a new therapeutic strategy for rehabilitation interventions in the field of falls. We focused on consecutive postural adjustments (CPAs) and used a computational approach to clarify the differences in the convergence of sway after voluntary perturbations between young and older adults. Additionally, we conducted an experiment in which inhibitory stimulation was applied to the parietal lobe of 30 young participants using tDCS and obtained data; however, we could not achieve the anticipated results for the main part of this study. We will continue our research in this area as it is a central part of this study.

研究分野：リハビリテーション

キーワード：オンライン・アジャストメント 動的バランス 経頭蓋直流電気刺激

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

バランス能力は日常生活からスポーツに至るまでヒトの運動を支える基盤である。バランス能力は静止立位といった定常状態を保つ静的バランスと、体重心を移動させながら全身の平衡を保つ動的バランスに分類される。しかし、従来のバランス研究は静的バランスに特化したものがほとんどであった。例えば平衡機能検査は静止立位を評価するので、身体に異常がない場合には天井効果が存在し、身体能力の違いを評価することができない。ヒトの運動は大半が動的なものであるため平衡機能検査ではヒトが有するバランス能力の一部しか評価できず、バランス機能を十分に評価しているとはいえない。

ロボットは歩行時に障害物に引っかかると転倒してしまうが、ヒトは姿勢を立て直して歩行を続けることができる。これは動的バランス能力の中でも、運動中の反応であるためオンライン調節と呼ばれている。歩行のオンライン調節では、ステップ準備期、ステップ中(障害物回避)、ステップ後(つまずいた後)の反応などが報告されている。これらのオンライン調節は、無意識的で高速に修正を行う制御系と随意的で遅い修正を行う制御系の2つから成り立っている(Gaveau V et al., Neuropsychologia, 2014)。1つ目の系は予測機能をもつ小脳を含む背側視覚皮質経路が関与し、2つ目の系は前頭葉と運動野を通るルートが関与するといわれている。しかし、これらは上肢到達運動の研究で得られた知見であり、歩行など下肢運動では脊髄にある中枢パターン発生器(Central pattern generator: CPG)が関与することもあり、上肢運動とは大きな違いがあるのではないかと指摘されている。

2. 研究の目的

本研究の目的は経頭蓋直流電気刺激(Transcranial Direct Current Stimulation: tDCS)により特定の脳部位の機能を抑制・促進することで、下肢のオンライン調節における変化を捉え、特定の脳領域の関与を明らかにし、転倒分野のリハビリテーション介入に新たな治療方略を構築することである。

3. 研究の方法

(1) 自発的摂動後の動的バランス回復過程：若年者と高齢者の時系列データ分析

随意的摂動後に安定性を回復する能力は、連続的姿勢調節(CPAs)と呼ばれている(Memari S et al., Neurosci Lett, 2013)。本研究では、CPAsの条件を作り出すために、ステップダウン課題(図1)を用いて、加齢に伴う姿勢安定性の回復の変化を観察した。

対象は若年成人15名と高齢者15名(各群女性9名、年齢、身長、体重：若年群 21.3 ± 1.1 歳、 164.1 ± 7.7 cm、 55.8 ± 7.5 kg、高齢群 66.7 ± 2.2 歳、 158.9 ± 7.3 cm、 56.9 ± 8.5 kg、 22.5 ± 2.4 kg/m²)：それぞれ 66.7 ± 2.2 歳、 158.9 ± 7.3 cm、 56.9 ± 8.5 kg)であった。参加者は、合図に合わせてステップダウン課題を実施した。床反力計を使用し各時間帯におけるCenter of Pressure (CoP)の総軌跡長を算出した。

随意的摂動後の姿勢安定性回復の加齢による違いを調べるために、高齢者と若年成人を比較した(図2)。さらに $F(x) = ax^{-1} + b$ という反比例の式を用いて、両群の時系列データから回帰曲線を導き(図3)、係数aと定数bを比較した。xは任意の時間帯とした。

(2) 動的バランスにおける左背外側前頭前野の機能的役割

本研究では背外側前頭前野が抑制されることで、自発的摂動後のバランスの回復にどのような変調を起こすかを明らかにするために実施した。健常若年者30名(女性15名、男性15名)が参加した。

4. 研究成果

(1) 随意的摂動後の動的バランス回復過程：若年者と高齢者の時系列データ分析

両群とも反比例の様相を示し、係数と定数が有意に異なっていた。また回帰式の適合度は、R-Squareを利用した。若年者群の決定係数は0.962、高齢者群では0.983と、高い信頼性を示した。

足部接触から1秒あたりのCoP総軌跡長を比較すると、高齢者群では2~3秒と4~5秒の間に有意な差が見られたが、若年者群では見られなかった(図2)。その結果、両群間で動的バランスの収束様式に違いがあることが示唆され、若年成人の方が高齢者よりも動揺量の減少が速いことが示された。本研究で採用した計算アプローチは、新しい動的バランス測定法として有用な可能性がある。

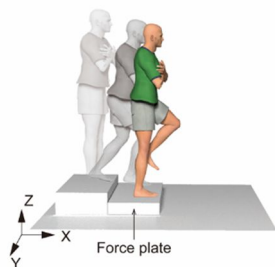


図 1 ステップダウン課題
静止立位から 10cm 低い位置に設置された床反力計に降段し、片足立ちの姿勢を 7 秒間維持する

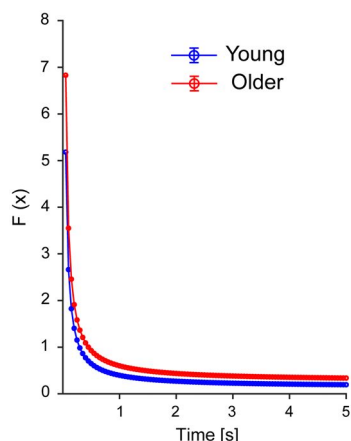


図 3 各群における回帰曲線

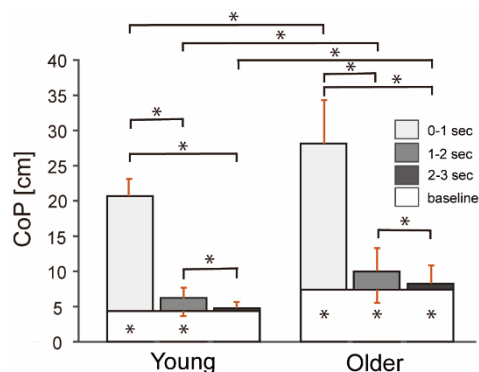


図 2 各時間における若年者群と高齢者群の CoP 総軌跡長

(2) 動的バランスにおける左背外側前頭前野の機能的役割

これについては示せるほどの成果はまだ得られていない。

(1) の実験の結果から、我々は高齢者の動的バランスを評価するためにステップダウン課題を開発した。若年者と高齢者の経時的な姿勢安定性の回復を観察することで、回帰式を導き出した。これらの回帰式は、両群で反比例することを明らかにし、係数と定数の比較から、若年群では安定性の回復が早いことが示された。我々の計算アプローチの新規性は、CPAs の経時的变化を描写することにあり、動的バランスの有望な新指標を提供するものである。今後の研究では、ステップダウン課題の適用可能性と回帰式の変化の意味を評価する必要がある。加えて転倒した人と転倒していない人を区別できるかどうかを調査することは極めて重要である。

今後は(2) の実験のデータも上述したような手法を用いて分析する予定である。そうすることで単純な CoP の軌跡長やそのばらつきだけでなく、動的バランスの新しい側面を捉えられる可能性がある。

<参考文献>

Gaveau V et al : Automatic online control of motor adjustments in reaching and grasping. *Neuropsychologia*, 55: 25-40, 2014

Memari S et al.: The Consecutive Postural Adjustments (CPAs) that follow foot placement in single stepping. *Neurosci Lett*, 543: 32-36, 2013

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1 . 発表者名 Daisuke Kimura, Ogasawara Issei, Keita Suzuki, Atsushi Shinonaga, Yuki Hamaguchi, Tomotaka Ito, Ken Nakata
2 . 発表標題 Measuring and evaluating the dynamic balance ability of the elderly using a single-leg step-down task
3 . 学会等名 会議名13th International Society of Physical and Rehabilitation Medicine World Congress (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 木村大輔 , 奥昂佑 , 伊藤智崇
2 . 発表標題 若年者と高齢者における動的バランス安定化までの時系列変化
3 . 学会等名 日本神経理学療法学会学術大会
4 . 発表年 2023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
---------	---------