

令和 5 年 5 月 19 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K11464

研究課題名（和文）手で軽い荷物を持つことによるトレッドミル歩行の安定化・効率化の確立

研究課題名（英文）Effects of additional light loads on the treadmill walking

研究代表者

木村 哲也（KIMURA, Tetsuya）

神戸大学・人間発達環境学研究科・准教授

研究者番号：60533528

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）：本研究は、軽い荷重を保持することが片脚立位姿勢ならびに足圧中心調節課題に与える効果を検証した後、最終的にトレッドミル歩行に対する効果を検証した。健康若年者を対象とした基礎的な測定の結果、軽い荷重を手で保持することにより、片脚立位姿勢やトレッドミル歩行動作の安定性が高まることが新たに明らかになった。この結果を踏まえて、加齢や疾患などにより感覚機能が低下した対象者での検証が今後期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

軽い荷重を手で保持することによるバランス安定効果について、従来の研究は主に静的な二足立位姿勢を対象としたものであった。これに対して本研究は、これまでの知見をより不安定な片脚立位姿勢や歩行動作に拡張した点で学術的意義がある。また、特別な装具ではなく身近に手にするモノを念頭にしていることから、本研究の成果は転倒予防のみならず、リハビリテーションやスポーツなど幅広い分野への応用にもつながる知見である。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to investigate the effects of additional light loads on the treadmill walking in addition to the one-legged standing and the adjustment of the foot center of pressure. The results showed that the light loads stabilized the one-legged standing and the treadmill walking. Future studies in the individuals with lower balance ability are warranted.

研究分野：身体運動システム

キーワード：片脚立位 歩行 荷重保持

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。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

実験室や検査室内で一般的に実施されているバランス調節機能の測定とは異なり、我々の日常生活では鞆や道具などモノを手に持ちながら立位姿勢を保つことが多い。このような外的な荷重は、身体にかかる重力トルクを増大させることから、立位バランス安定性の低下をもたらす可能性がある。

一方で、軽い荷物であれば、手で保持することにより立位バランスがむしろ安定することが、近年の研究にて明らかにされている。Bampouras & Dewhurst (2016)は、高齢女性および若年女性を対象とした検討を行い、ショッピングバッグ(1.5kgもしくは3kg)を片手もしくは両手に持つことによる、静的二足立位姿勢のバランス安定効果を明らかにした。同様の荷重(体重の5%質量)保持によるバランス安定効果は、60歳以上で顕著であったことも報告されている(Hill et al., 2018)。このようなバランス安定効果が生じる理由は明確ではないが、身体動揺(加速度)に応じて荷重に発生する慣性力が手部に入力されることで、バランス制御系における感覚フィードバック情報の冗長性が高まるメカニズムが可能性として挙げられている(Krishnamoorthy et al., 2002; Ustinova & Langenderfer, 2013)。

従って、手で軽い荷物を持つことによる立位バランス安定化は、日常生活への応用が期待される。しかしながら、これまでの検討は主に静的な二足立位姿勢を対象としており、日常生活への応用に至るには、より不安定な姿勢課題から歩行動作までを対象とした幅広い基礎的検討が必要である。

2. 研究の目的

以上より本研究は、片脚立位課題ならびに足圧中心移動課題における軽い荷重保持の効果を明らかにした後、最終的にトレッドミル歩行における効果を検証することを目的とした。

3. 研究の方法

全ての研究において、ヘルシンキ宣言を遵守し、事前に内容について神戸大学大学院人間発達環境学研究科研究倫理審査委員会の承認を受けた。研究対象者には研究内容について事前に十分な説明を行い、研究参加の同意を署名により得た。

全ての統計分析において、有意水準は5%とした。

(1) 軽い荷重の保持が片脚立位制御に与える効果に関する検討

16名の健常若年者を対象とし、非利き脚での開眼片脚立位課題を床反力計上で実施した。各対象者が保持する荷重の質量は体重の5%に設定した。そして、荷重条件として、何も持たない条件(NW条件)、両手にグリップのみ握る条件(左右計0.10kg、W1条件)、左手のみ荷重を持つ条件(5%体重、W2条件)、右手のみ荷重を持つ条件(5%体重、W3条件)、両手に荷重を持つ条件(各2.5%体重、W4条件)の計5条件を用意した。W2~W4条件では、W1条件と同様のグリップを介して荷重を保持し、グリップと荷重の間に3軸力センサを組み込むことで、荷重にかかる慣性力を計測した。各試行は、利き脚の挙上をブザー音で合図してから40秒間とし、試行開始10秒後から試行終了までの30秒間を分析区間とした。荷重条件はランダム順序とし、各条件6試行(合計30試行)実施した。各試行中、床反力計から足圧中心(foot center of pressure, CoP)の時系列を記録した。また、モーションキャプチャシステムにより、腰部加速度の時系列を算出した。

の結果を踏まえて、感覚フィードバック情報の冗長性を実験的に低下させた条件で、追加検証を行った。対象者は健常若年者12名であり、足部の体性感覚フィードバック機能を低下させるため、フォームマット上での非利き脚による開眼片脚立位課題を行った。荷重条件として、無負荷(NW条件)、両手グリップのみ(左右計0.10kg、W1条件)、両手荷重負荷(各2.5%体重、W4条件)の3条件を用意した。各試行は、利き脚の挙上をブザー音で合図してから20秒間とし、試行開始5秒後から試行終了までの15秒間を分析区間とした。荷重条件はランダム順序とし、各条件6試行(合計18試行)実施した。各試行中、モーションキャプチャシステムを用いて腰部動揺の時系列を記録した。

(2) 軽い荷重の保持が足圧中心調節に与える効果に関する検討

対象者は15名の健常若年者であり、床反力計上にて静的な足圧中心位置(CoP)調節課題を行った。課題中の姿勢は、非利き脚での片脚立位とした。対象者の約1m前方に設置したモニタには、CoPのターゲットとリアルタイムの位置を提示した。ターゲットの位置は前方3cm及び後方3cmの2条件とした。荷重条件は、無負荷(NW条件)、両手グリップのみ(左右計0.10kg、W1条件)、両手荷重負荷(各2.5%体重、W4条件)の3条件とした。対象者には、モニタを見ながらCoPをターゲットに合わせるように教示した。1試行20秒間とし、前半10秒間と後半10秒間に分割して分析を行った。6条件(3荷重条件×2位置条件)はランダム順序とし、各条件6試行(合計36試行)実施した。

と同様の実験環境を用いて動的な CoP 調節課題を行った。対象者は 16 名の健常若年者であり、1.5cm/秒の速度で前後 3cm の範囲を移動するターゲットに、CoP を合わせるように教示された。1 試行は 24 秒 (3 周期) であり、最初の 1 周期を除いた 2 周期分 (16 秒間) を分析区間とした。と同じ荷重 3 条件 (NW、W1、W4) についてそれぞれ 6 試行 (合計 18 試行) を、ランダム順序で実施した。

(3) 軽い荷重の保持がトレッドミル歩行に与える効果に関する検討

対象者は、健常若年者 8 名であった。歩行課題として、各対象者の快適な速度によるトレッドミル歩行を開眼条件で 3 分間実施した。快適な歩行速度は、本試行前のウォーミングアップ中に決定した。荷重条件は、無負荷 (NW 条件)、右手グリップのみ (0.05kg、GP 条件)、右手荷重負荷 (2.5%体重、WT 条件) の 3 条件とした。歩行課題における安全性を考慮し、グリップや荷重の保持は右手のみとした。各荷重条件は 3 試行ずつ (合計 9 試行) 実施した。各試行中、腰部に固定した 3 軸加速度センサより、腰部加速度を計測した。さらに、心電図 (CM5) を計測し、各試行中の心拍数を算出した。

4. 研究成果

(1) 軽い荷重の保持が片脚立位制御に与える効果に関する検討

CoP 左右方向における振幅値 (二乗平均平方根) について、NW 条件と比較して W4 条件において有意な減少が認められた。従って、両手で荷重 (各 2.5%体重) を保持することにより、片脚立位時のバランス安定性が高まることが新たに明らかになった。

一方で、両手に非常に軽いグリップを握った W1 条件では同様の効果は認められなかった。静的二足立位にて既に明らかにされている、グリップ動作によるバランス安定効果 (Ustinova & Langenderfer, 2013; VanderHill et al., 2014) に対し、片脚立位におけるグリップ動作の効果は比較的小さく、バランス安定効果を得るにはある程度の質量が必要であることが本研究の結果から示唆された。

また、W2 および W3 条件において、腰部加速度左右成分と慣性力垂直成分の時系列間に有意な相互相関が認められたことから、荷重を保持する手部に対して身体動揺に関するフィードバック情報が新たに入力される可能性が支持された。

しかしながら、W4 条件における CoP 左右方向振幅値の減少率は約 5.8% と、予想よりも小さな効果であった。この理由として、本研究における対象者が健常若年者であったことが考えられる。具体的に、バランス制御系における感覚フィードバック情報の冗長性が高く、既に NW 条件で高いバランス安定性にあつたため、荷重負荷によるそれ以上のバランス安定化が生じにくかった可能性が考えられる。

左右方向における腰部動揺の振幅値 (二乗平均平方根) に関して、W4 条件にて平均値が減少する傾向は見られたものの、条件間で有意な変化は認められなかった。これに対しさらに検討を加えるため、左右方向の振幅値に関して NW 条件に対する W4 条件での相対値を対象者ごとに算出した。その結果、NW 条件での振幅値 (絶対値) と W4 条件での振幅値 (相対値) との間に、負の相関関係 ($r=-0.83$) が認められた。すなわち、NW 条件においてより大きな身体動揺を示した対象者では、W4 条件にてより身体動揺が減少する傾向が認められた。このことから、対象者固有の立位バランス調節機能や立位課題の難易度を変数とした効果検証も、今後必要であることが示唆された。

(2) 軽い荷重の保持が足圧中心調節に与える効果に関する検討

および の両実験において、CoP の絶対誤差に荷重条件の効果は認められなかった。すなわち、CoP 調節の正確性に対する軽い荷重保持の効果は本研究では認められなかった。一方で、本研究で採用したターゲット課題においては、CoP の情報をモニタより視覚的に得ることが出来ていたため、手部から入力されると予測される慣性力情報への依存度が低かった可能性がある。従って、ターゲット課題を変更したさらなる検討も、今後必要と考えられる。

(3) 軽い荷重の保持がトレッドミル歩行に与える効果に関する検討

左右方向における腰部加速度の振幅値 (二乗平均平方根) に関して、NW 条件および GP 条件と比較して、WT 条件で有意な減少が認められた。この結果より、グリップのみではなく軽い荷重を保持することによって、トレッドミル歩行の安定性が高まることが新たに明らかになった。一方で、心拍数については荷重条件間で差は認められなかったことから、機械的効率への効果についてはさらなる検討が必要である。

以上、研究(1)~(3)の結果より、軽い荷重を手を持つことによって片脚立位姿勢やトレッドミル歩行の安定性が高まることが新たに明らかになった。一方で、本研究は基礎的な検討を目的としたため、測定の対象は健常若年者に限られた。従って、加齢や疾患などにより、立位バランス制御系における感覚フィードバック情報の冗長性が低下している方を対象とした、さらなる検証が今後期待される。

<引用文献>

- Bampouras TM & Dewhurst S. Carrying shopping bags does not alter static postural stability and gait parameters in healthy older females. *Gait Posture* 46:81-85, 2016.
- Hill MW, Duncan MJ, Oxford SW, Kay AD, Price MJ. Effects of external loads on postural sway during quiet stance in adults aged 20-80 years. *Appl Ergon* 66:64-69, 2018.
- Krishnamoorthy V, Slijper H, Latash ML. Effects of different types of light touch on postural sway. *Exp Brain Res* 147:71-79, 2002.
- Ustinova KI & Langenderfer JE. Postural stabilization by gripping a stick with different force levels. *Gait Posture* 38:97-103, 2013.
- VanderHill MS, Wolf EE, Langenderfer JE, Ustinova KI. The effect of actual and imaginary handgrip on postural stability during different balance conditions. *Gait Posture* 40:652-657, 2014.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 辻岡幸歩、山縣桃子、木村哲也
2. 発表標題 外的荷重保持が片脚立位制御に与える影響
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 前角馨、辻岡幸歩、木村哲也
2. 発表標題 手への軽い荷重が不安定面でのバランス制御に与える効果の検討
3. 学会等名 日本体力医学会第36回近畿地方会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 辻岡幸歩、山縣桃子、木村哲也
2. 発表標題 手への軽い荷重における慣性力と立位バランス動揺の関連分析
3. 学会等名 日本体力医学会第36回近畿地方会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 前角馨、木村哲也
2. 発表標題 手部への軽い荷重負荷が足圧中心位置の調節課題に与える効果
3. 学会等名 計測自動制御学会ライフエンジニアリング部門シンポジウム2022
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
---------	---------