

タンデム肢位及びステップ肢位の姿勢制御 : 圧中心の側方制御について

鈴木 誠¹⁾ 鈴木 博人¹⁾ 川上 真吾¹⁾ 村上 賢一¹⁾ 藤澤 宏幸²⁾

1) 東北文化学園大学医療福祉学部リハビリテーション学科

2) 東北文化学園大学大学院健康社会システム研究科

要旨

本研究の目的は、タンデム肢位及びステップ肢位での圧中心 (center of pressure, COP) の側方制御の特徴を明らかにすることである。対象は大学生40名 (男性20名, 女性20名, 年齢 21.4 ± 1.4 歳) であった。左足を前方に配置し均等荷重としたタンデム肢位及び5条件のステップ肢位について合成COPの移動軌跡を測定し、各肢位での前足と後足のCOP側方成分から標準偏差 (medial-lateral standard deviation, M/L_{SD}) を算出した。多重比較検定の結果、M/L_{SD}はタンデム肢位, 10%ステップ肢位及び20%ステップ肢位で有意に大きかった。本研究の結果から、タンデム肢位及びステップ肢位では取りうる姿勢戦略が異なることが示唆された。

【キーワード】 タンデム肢位, ステップ肢位, 圧中心

I. はじめに

ヒトの立位姿勢の制御は、両下肢での荷重量調節と関節運動によって行われている¹⁾。中でもタンデム肢位^{2,3,4)}は、両足を前後に配置し一方の踵部と他方の足尖とを接触させた支持基底面の狭い姿勢である。そのため、タンデム肢位は複雑な足関節運動を伴った姿勢制御を要し、静的バランス能力の測定に用いられることがある。また、タンデム肢位は姿勢保持の難易度の高さからも臨床場面ではしばしばバランス練習課題として使用される。

一方、タンデム肢位の構えからスタンス幅を広げたステップ肢位は、支持基底面が側方に広く安定した姿勢であることから比較的容易に保持することができ、脳血管障害患者や高齢者のバランス能力評価^{5,6,7)}にも用いられている。このように、タンデム肢位やステップ肢位は臨床場面で用いられることの多い姿勢であるにも関わらず、その制御の詳細、特に側方制御の戦略

については不明な点が多い。

そこで本研究の目的は、タンデム肢位及びステップ肢位の圧中心 (center of pressure, COP) からそれぞれの側方制御の特徴を明らかにすることである。

II. 方法

1) 対象

対象は、立位姿勢に影響を及ぼす中枢神経疾患または運動器疾患の既往歴のない本学科に在籍する大学生40名 (男性20名, 女性20名, 年齢 21.4 ± 1.4 歳, 身長 166.1 ± 8.1 cm, 体重 58.9 ± 7.9 kg) であった。対象者には事前に本研究に関する十分な説明を行い、書面にて同意を得た。

2) 測定方法

今回、左足を前方に配置したタンデム肢位及びステップ肢位で統一し測定を行った。両肢位

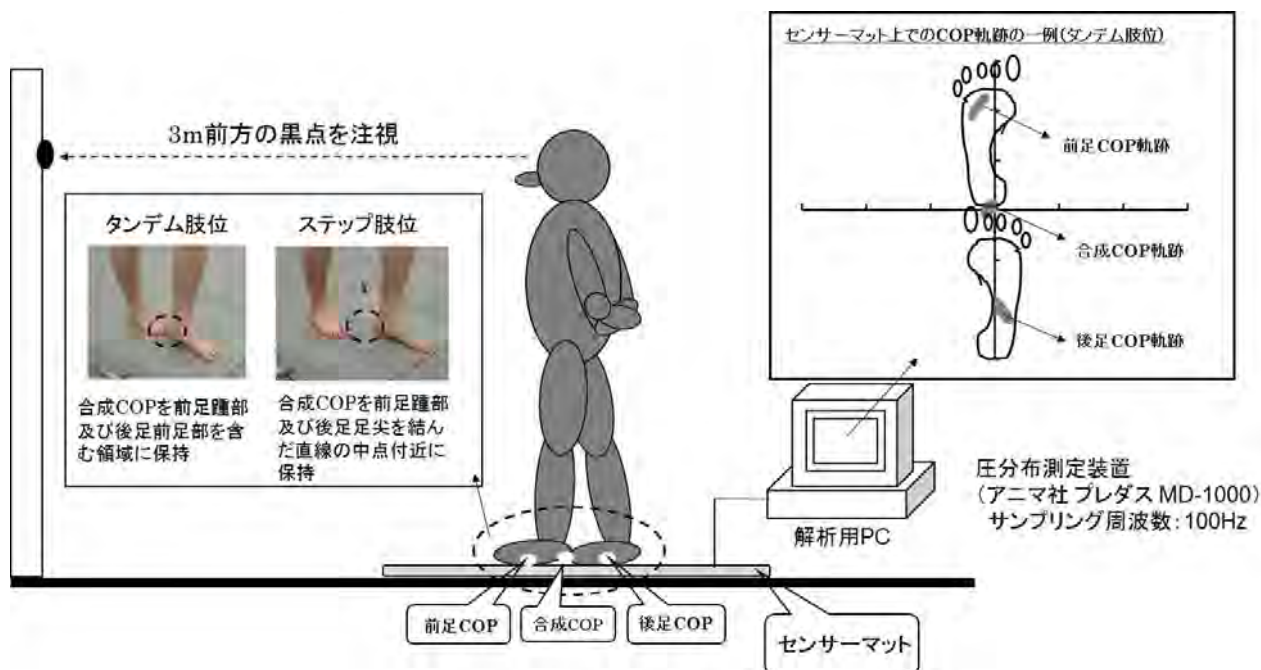


図1 測定環境及び測定条件

ともに両上肢を背部で組んだ後、均等荷重として左足を前方に（以下、前足）、右足を後方に（以下、後足）接地することで統一した。タンデム肢位は正中矢状面上で前足と後足を配置し、後足の足尖（第Ⅱ趾）に前足の踵部を接触させた構えと定義した。また、ステップ肢位はタンデム肢位から左右方向へ両足部を平行移動させた構えとした。

被験者の両肩峰間距離を計測後、その 10%、20%、30%、40%、50%相当の値を両足の第Ⅱ趾間距離とし、それぞれステップ肢位のスタンス幅として規定した。つまり、両肩峰間距離の10%に相当するスタンス幅でのステップ肢位の課題は、「10%ステップ肢位」と定義した。

今回の測定姿勢であるタンデム肢位では、合成 COP が後足の足尖（第Ⅱ趾）と前足の踵部が接触する部位を中心として保持することとした。また、ステップ肢位では合成 COP が後足の足尖（第Ⅱ趾）と前足の踵部を結んだ直線の中点付近に保持することとした。

対象者は両膝関節を伸展位とし、計測中は両踵部が床面から挙上しないよう指示が与えられた。測定には 60cm 四方の圧分布測定装置 1 枚（プレダス MD-1000, アニマ社）を使用し、サンプリング周波数は 100Hz にて計測した。

対象者は、計測時に圧分布測定装置上に立ち、

タンデム肢位及びステップ肢位を保持した。解析用 PC モニター上には、立位時の二次元圧分布及び合成 COP が映し出された。検査者は、解析用 PC モニター上に映し出された両足の二次元圧分布から、タンデム肢位では前足踵部及び後足前足部を含む領域に、ステップ肢位では前足踵部及び後足足尖を結んだ直線の中点付近にそれぞれ合成 COP が 3 秒以上逸脱することなく対象者が保持出来ることを確認した。その上で、姿勢保持時間の上限を 20 秒間⁸⁾とした。計測中、対象者がバランスを崩し転倒を回避するためにどちらかの足がステップした際には再度測定を行った。測定は裸足で行い、3m 前方に直立時の目線の高さに設置した黒点（直径 5cm）を注視しながら静止姿勢を保持した。タンデム肢位及びスタンス幅の異なるステップ肢位の測定順序はランダムに行った。

各姿勢条件とも、練習は行わず計測を行った（図 1）。

3) 分析方法

分析には、前足及び後足のそれぞれから得られた前足 COP、後足 COP の 20 秒間の全データのうち、側方成分について抽出し、その変動を調べるため標準偏差⁹⁾（medial-lateral standard deviation, M/LSD）を算出した。

表1: タンデム肢位及びステップ肢位での前足及び後足COPの側方成分における標準偏差(M/L_{SD})

	前足		後足	
タンデム肢位	0.392	(0.522 - 0.288)	0.348	(0.484 - 0.290)
10%ステップ肢位	0.291	(0.354 - 0.243) * ¹	0.228	(0.331 - 0.179) * ¹
20%ステップ肢位	0.186	(0.248 - 0.143) * ¹ * ²	0.123	(0.162 - 0.083) * ¹ * ²
30%ステップ肢位	0.165	(0.199 - 0.106) * ¹ * ²	0.069	(0.093 - 0.057) * ¹ * ² * ³
40%ステップ肢位	0.095	(0.129 - 0.068) * ¹ * ² * ³ * ⁴	0.061	(0.077 - 0.050) * ¹ * ² * ³ * ⁴
50%ステップ肢位	0.094	(0.125 - 0.068) * ¹ * ² * ³ * ⁴	0.052	(0.069 - 0.047) * ¹ * ² * ³ * ⁴

中央値(四分位範囲)

*¹ タンデム肢位と有意差あり(p<0.05)*² 10%ステップ肢位と有意差あり(p<0.05)*³ 20%ステップ肢位と有意差あり(p<0.05)*⁴ 30%ステップ肢位と有意差あり(p<0.05)

4) 統計解析

各条件での正規性を確認した後、M/L_{SD}の比較には Wilcoxon の符号付順位検定を用いた Holm 法による多重比較検定を行った。統計学的有意水準は 5%未満とした。なお、統計解析には SPSS 13.0J for Windows を用いた。

III. 結果

多重比較検定の結果、前足及び後足の M/L_{SD} は、タンデム肢位が最も大きく、次いで 10%ステップ肢位、20%ステップ肢位の順に小さくなり相互に有意差を認めた。しかし、それよりスタンス幅を拡大した 40%ステップ肢位と 50%ステップ肢位との間には、相互に有意差を認めなかった(表 1)。

IV. 考察

今回、タンデム肢位及びステップ肢位の COP 側方制御の特徴を分析した。結果、タンデム肢位及びそれに次ぐ支持基底面の狭い 10%ステップ肢位は、その他のステップ肢位との間に M/L_{SD} において有意差を認めた。また、20%ステップ肢位は隣接する 30%ステップ肢位との間において前足のみ有意差は認められなかったものの、40%ステップ肢位や 50%ステップ肢位との間に有意差を認めた。40%ステップ肢位は 50%ステップ肢位との間に有意差を認めなかった。つまり、今回の結果をヒトの立位姿勢制御戦略¹⁾である荷重量調節と関節運動の両面で解

釈するならば、以下のように考えられる。

タンデム肢位や 10%、20%、30%ステップ肢位は、体重心の直下に両足部を配置する構えをとることから、重力モーメントが拡大しないよう側方に狭い支持基底面内において合成 COP の調整が要求される。この合成 COP の調整には、足関節の複合運動である回内・回外運動を中心とした側方制御の戦略が両足で用いられたと考えられる。しかし、それ以上のスタンス幅のステップ肢位では両下肢が開脚した構えとなることから、足関節運動中心に素早く追従するような合成 COP の調整ではなく別の異なる戦略がとられたと考えられる。

スタンス幅の広いステップ肢位では、前後及び側方にも広い支持基底面であることから合成 COP の移動範囲も保証され、体重心の動揺に対しても安定性が確保されていると考えられる。つまり、40%ステップ肢位や 50%ステップ肢位においてはわずかな足関節運動が出現しながらも、側方制御の中心はスタンス幅を広くしたことに伴う両下肢それぞれの荷重量調整による戦略をとったと考えられる。

一方で、自然な構えでのタンデム肢位やステップ肢位も臨床場面ではよく用いられ、主に後方足の直上で体重心を支え制御していることが多い¹⁰⁾。今回の研究で採用した合成 COP の前後位置を規定した操作的なタンデム肢位やステップ肢位では、自然な構えと比較し姿勢制御のために両足の協調した関節運動が必要であると考えられる。このように、同一肢位でも合成 COP を制御する位置によって姿勢戦略が異な

ることから、今後介入目的に応じた臨床場面での活用も検討する必要があると考えられる。

今回、タンデム肢位とステップ肢位の COP 側方制御は、40%ステップ肢位のスタンス幅を境に足関節運動主体の制御から下肢全体での荷重量調節主体の制御へと戦略が変化していくという特徴が明らかとなった。今後、バランス能力向上のための練習課題として、また、バランス能力評価の難易度の段階づけにも有用な情報が得られたと考えられる。

V. まとめ

今回、大学生 40 名を対象にタンデム肢位及びステップ肢位の COP 側方制御の特徴を分析した結果、スタンス幅によって取りうる戦略が異なることが示唆された。

謝辞

本研究に協力頂いた笠原悠花氏、佐藤歩氏、瀧澤崇氏、早川雄樹氏に深謝する。

VI. 文献

- 1) Winter DA, Prince F, Frank JS, et al.: Unified theory regarding A/P and M/L balance in quiet stance. *J Neurophysiol*, 1996; 75: 2334-2343.
- 2) Wang Z, Newell KM: Asymmetry of foot position and weight distribution channels the inter-leg coordination dynamics of standing. *Exp Brain Res*, 2012; 222: 333-344.
- 3) 有末伊織, 藤澤宏幸: タンデム立位における前後足部と合成の足圧中心動揺変数の関係: 視覚情報の有無による相違, *理学療法科学*, 2015; 30: 713-717.
- 4) 鈴木誠, 三木千栄, 鈴木博人, 他: 若年女性及び地域在住高齢女性におけるタンデム立位の姿勢制御について - 一圧中心による肢節間協調性の検討 -, *東北理学療法学*, 2015; 27: 45-50.
- 5) Lord SR, Rogers MW, Howland A, et al.: Lateral stability, sensorimotor function and falls in older people. *J Am Geriatr Soc*, 1999; 47: 1077-1081.
- 6) Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JI, et al.: Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiother Can*, 1989; 41: 304-311.
- 7) 早田康一, 西本加奈, 沖田実, 他: 脳血管障害患者におけるステップ肢位での重心の移動・保持能力と歩行能力との関連性について, *長崎理学療法*, 2002; 3: 19-23.
- 8) 望月久: 平衡機能検査と起立検査の検討. *理学療法 進歩と展望*, 1993; 8: 25-27.
- 9) 内山靖: 重心動揺計. 計測法入門 計り方, 計る意味 (内山靖, 小林武, 間瀬教史 編). 東京: 協同医書出版社; 2008. p. 150.
- 10) 鈴木貴也, 佐藤友美, 小林幸太, 他: マン肢位での荷重方法の違いが検査の再現性に与える影響, *中部リハ雑誌*, 2012; 7: 34-36.

Posture control in tandem stance and step stance : Medial-lateral balance control at the center of pressure

Makoto Suzuki¹⁾ Hiroto Suzuki¹⁾ Shingo Kawakami¹⁾
Ken-ichi Murakami¹⁾ Hiroyuki Fujisawa²⁾

- 1) Faculty of Medical Science and Welfare, Tohoku Bunka Gakuen University
- 2) Graduate School of Health & Environment Sciences, Tohoku Bunka Gakuen University

Abstract

The present study aimed to clarify the characteristics of medial-lateral balance control during tandem and step stances. Participants were 40 students (20 males, 20 females; mean age, 21.4 ± 1.4 years). The posture protocol for tandem stance and five different step stances with equal weight bearing required participants to stand with their left foot positioned forward along the mid-sagittal plane (front foot). The center of pressure (COP_{NET}) evaluations were conducted when the participants could maintain the designated tandem stance and step stance. The standard deviations (M/LSD) were analyzed with the COP medial-lateral (COP_{ML}) component of front foot and back foot. M/LSD values were significantly larger for tandem stance and the 10% and 20% step stances. The results suggest that different posture strategy were used to tandem stance and step stance.

【Key words】 Tandem stance, Step stance, Center of pressure