片脚立位時の体幹筋活動と重心動揺との関係

The Relationship between the Trunk Muscles Activities and Postural Sway during One Leg Standing

鈴木 哲^{1,2)} 平田 淳也¹⁾ 栗木 鮎美¹⁾ 富山 農¹⁾
植田 一輝¹⁾ 小田佳奈枝¹⁾ 高橋 正弘¹⁾ 渡邊 進³⁾

TETSU SUZUKI, RPT^{1,2)}, JUNYA HIRATA, OTR¹⁾, AYUMI KURIKI, RPT¹⁾, MINORI TOMIYAMA, RPT¹⁾,
KAZUKI WASADA, RPT¹⁾, KANAE ODA, RPT¹⁾, MASAHIRO TAKAHASHI, RPT¹⁾, SUSUMU WATANABE, RPT, PhD³⁾

¹⁾ Department of Rehabilitation, Kasaoka Daiichi Hospital: 1945 Yokoshima, Kasaoka, Okayama 714-0043, Japan.
TEL +81 865-67-0211

²⁾ Doctoral Program, Rehabilitation Graduate School of Health Science and Technology, Kawasaki University of Medical Welfare

³⁾ Department of Rehabilitation, Faculty of Health Science and Technology, Kawasaki University of Medical Welfare

Rigakuryoho Kagaku 24(1): 103–107, 2009. Submitted Aug. 11, 2008. Accepted Oct. 7, 2008.

ABSTRACT: [Purpose] We investigated the characteristics of electromyographic trunk muscle activities and the relationship between the trunk muscle activities and postural sway during one-leg standing. [Subjects] Ten people (25.1 ± 4.4 years old) participated in this study. [Methods] Electromyographic trunk muscle activities and postural sway were evaluated during one-leg standing and twoleg standing. [Results] Thoracic and lumbar erector spinae and external oblique on the side of the raised leg were activated significantly more higher in one-leg standing than in two-leg standing. Lumbar multifidus and internal oblique on the side of standing leg had a tendency to be activated higher in one-leg standing. After some trunk muscle activities on the side of the raised leg and postural sway correlated significantly. [Conclusion] The results suggest that trunk muscle activities influence the balance ability during one-leg standing.

Key words: one-leg standing, trunk muscle activity, postural sway

要旨: [目的] 本研究の目的は、片脚立位時の体幹筋活動の特徴を明らかにした上で、片脚立位時の体幹筋活動と重心動揺の関係を検討することである。[方法] 健康者10名 (25.1 ± 4.4 歳) を対象に、両脚立位、片脚立位時の体幹筋活動と重心動揺を測定した。[結果] 片脚立位では、両脚立位と比べて、挙上側胸腰部脊柱起立と外腹斜筋活動増加率が有意に高かった。立脚側腰部多裂筋と内腹斜筋の筋活動増加率が高い傾向にあった。また挙上側体幹筋活動と重心動揺との間に有意な相関がみられた。[結語] 片脚立位バランスには体幹筋活動が関与する可能性が示唆された。

キーワード: 片脚立位, 体幹筋活動, 重心動揺

¹⁾ 笠岡第一病院 リハビリテーション科: 岡山県笠岡市横島1945 (〒714-0043) TEL 0865-67-0211

²⁾ 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科リハビリテーション学専攻博士後期課程

³⁾ 川崎医療福祉大学 医療技術学部リハビリテーション学科

I. はじめに

理学療法の臨床現場や高齢者に対する転倒予防指導などにおいて、片脚立位は簡便な立位バランス能力の評価として使用されている。片脚立位時の重心動揺と転倒との関連も報告されており¹⁾、転倒予防訓練に関する研究では片脚立位時の重心動揺を指標に効果を検討しているものもある²⁾。またバランス能力に影響を与える因子は、視覚・前庭・体性感覚などの感覚や、筋など多くの因子が挙げられている³⁾。片脚立位バランスと筋力や筋活動との関係に関する研究では、片脚立位保持時間と立脚側下肢筋力との有意な正の相関を報告したものや⁴⁾、片脚立位時の重心動揺と下肢筋活動との関係を示した報告⁵⁾など下肢筋に関連しているものが多い。

しかし近年、立位バランス・歩行における体幹機能の重要性が示唆されている⁶⁻⁸⁾。大日向らはバランスクッション上の座位保持能力が高ければ、片脚立位時の重心動揺が少なく立位バランスが良好であることを報告している⁶⁾。Snijdersら⁷⁾は、一侧下肢への荷重量の増大にともなう立脚側の内腹斜筋活動の増加は骨盤の安定化に関与する事を示唆している。またCosio-Limaら⁸⁾は、体幹筋力エクササイズを、床上で実施する群とバランスボール上で実施する群の2群に分類し実施したところ、体幹・下肢の筋力は2群間に差はみられなかったが、体幹安定性と片脚立位バランスはバランスボール群で有意に改善したと報告している。つまり体幹機能が片脚立位バランスに関与することを示唆している。

しかしながら、片脚立位時の立脚側・遊脚側体幹筋の筋活動を測定した研究は少なく^{9,10)}、片脚立位の体幹筋活動の特徴は未だ明確ではない。さらに体幹筋活動が片脚立位バランスに関与しているのかどうかを検討した研究もみあたらない。もし片脚立位時の体幹筋活動とその際の重心動揺との関係がみられれば、片脚立位を使用した立位バランス評価では、下肢筋のみでなく体幹筋にも着目する必要があると考えられる。

そこで本研究の目的は、片脚立位時の立脚側・遊脚側体幹筋活動の特徴を明らかにした上で、片脚立位時の体幹筋活動と重心動揺の関係について検討することとした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は、本院の医療従事者10名(25.1±4.4歳 男3名: 27±6.8歳 女7名: 23.8±1.3歳)であった。過去に体幹や下肢の骨折や脳卒中など整形・中枢神経疾患の既往のあるもの、神経学的徴候のあるもの、極端な四肢の変形のあるものは除外した。全ての対象者に参加の際に、研究の趣旨・方法・リスクを説明し同意を得た。

2. 方法

対象筋と電極貼付部位は、先行研究¹¹⁾を参考に、頸部脊柱起立筋(貼付部位: 頸部正中線の外側約2 cm)、胸部脊柱起立筋(貼付部位: Th12 レベルで棘突起の外側2~3 cm)、腰部脊柱起立筋(貼付部位: L3 レベルで棘突起の外側2~3 cm)、腰部多裂筋(貼付部位: L5/S1 レベルで棘突起のすぐ外側)、腹直筋(貼付部位: 臍部の約2~3 cm 外側)、外腹斜筋(貼付部位: 第8肋骨外側下縁)、内腹斜筋(貼付部位: 上前腸骨棘の2~3 cm 内側, 2~3 cm 下方)とした。測定機器は表面筋電図(VitalRecorder2: キッセイコムテック株式会社製)を使用した。電極はすべて右側体幹に貼付した。電極間距離は2 cm, バンドパスフィルターは10~500 Hz, サンプリング周波数の設定は1,000 Hzとした。筋電図の解析ソフトは、BIMUTAS II(キッセイコムテック株式会社製)を使用した。

まず各被験者に対し各体幹筋の最大随意収縮時(Maximal Voluntary Contraction: MVC)の筋活動を測定した。MVC測定は、被験者に各体幹筋に対応したダニエルスらの徒手筋力検査法¹²⁾でNormalの肢位を保持させ、その際の筋活動を測定した。測定は2回実施し、1回の測定時間は5秒間とした。

次に各被験者の両脚立位時の体幹筋活動と、右片脚立位時の立脚側体幹筋活動、遊脚側体幹筋活動として左片脚立位時の体幹筋活動を測定した。両脚立位は、閉脚立位肢位にて骨盤中間位、両上肢自然下垂位とした。各片脚立位は、先行研究⁴⁾を参考に、遊脚側股・膝関節軽度屈曲位、骨盤水平位(両側上前腸骨棘を結ぶ線が床面と平行)とし、2 m前方の視線と同じ高さのものを注視することとした(図1)。各立位は30秒保持させ、10秒後から5秒間筋活動の測定を行った。各測定は2回実施し、測定の順番はランダムとした。MVC・各立位時の体幹筋活動の測定は、理学療法士の指導のもと適度な練習を行った後に実施し、疲労の影響を避けるため各測定間には2~3分程度の休息を挟んだ。

図1 両脚・片脚立位時の体幹筋活動・重心動揺の測定風景

●は上前腸骨棘を表す。

※片脚立位時の測定肢位は、遊脚側股・膝関節軽度屈曲位、両側の上前腸骨棘が水平となるように、足底を10 cm程度挙上するようにした。

測定後、MVC・各立位時の筋活動を全波整流し、中間3秒間の平均積分値を算出した。そして測定1回目と2回目の平均値を算出し、MCV、各立位時の筋活動とした。次に、各立位時の体幹筋の筋活動を、MVCを基準に正規化し%MVCを算出した。また左右片脚立位時の%MVCを、両脚立位時の%MVCを基準に正規化し、両脚立位時の筋活動からの変化率を算出した。

重心動揺の測定項目は総軌跡長 (LNG)、外周面積 (ENV)、矩形面積 (REC)、実効値面積 (RMS) とした。重心動揺の計測には重心動揺計 (グラビコーダーGS-10: アニマ株式会社製) を使用した。

重心動揺の測定は、各立位時の体幹筋活動の測定と同時にを行った。検者は、被験者自身の合図のもと、両脚・片脚立位保持をスタートし、その約10秒後に重心動揺の測定を開始した。重心動揺計の測定時間は20秒間とした。計測は2回実施し、各測定項目それぞれの平均値を算出し、データとして採用した。

また左右片脚立位時の重心動揺の各測定項目は、両脚立位時の各測定項目を基準に正規化し、両脚立位時の重心動揺からの変化率を算出した。

両脚立位と右片脚立位・左片脚立位間における体幹筋活動および重心動揺の比較、また左右片脚立位間における体幹筋活動および重心動揺変化率の比較は、対応のある t 検定を使用し検討した。各立位時の体幹筋活動と重心動揺間の相関、また両脚立位を基準とした左右片脚立位時の体幹筋活動と重心動揺の変化率間の相関は、ピアソンの相関係数にて検討した。それぞれ有意水準は5%未満とした。

III. 結 果

右片脚立位の立脚側体幹筋では、両脚立位と比べ、頸部脊柱起立筋、腰部多裂筋、腹直筋、外腹斜筋、内腹斜筋で有意に筋活動が高かった。しかし、胸部脊柱起立筋、腰部脊柱起立筋では有意な差はみられなかった。重心動揺の各項目は有意に高かった。左片脚立位の遊脚側体幹筋では、両脚立位と比べ、頸部脊柱起立筋、胸部脊柱起立筋、腰部脊柱起立筋、腰部多裂筋、腹直筋、外腹斜筋で有意に筋活動が高かった。しかし、内腹斜筋では有意な差はみられなかった。重心動揺の各項目は有意に高かった (表1)。

両脚立位を基準とした左右片脚立位における体幹筋活動と重心動揺の増加率では、左片脚立位で、右片脚立位と比べ、胸部脊柱起立筋、腰部脊柱起立筋、外腹斜筋の筋活動の増加率が有意に大きかった。右片脚立位における腰部多裂筋、内腹斜筋の体幹筋活動の増加率は、左片脚立位と比べ、有意な差はなかったが大きい傾向を示した。重心動揺の各項目の増加率は、左右片脚立位間では有意な差はみられなかった (表2)。

また右片脚立位において、各体幹筋活動と重心動揺間、各体幹筋活動の変化率と重心動揺の変化率間にそれぞれ有意な相関はみられなかった。左片脚立位において、腰部脊柱起立筋の筋活動と重心動揺との間に有意な正の相関がみられた (表3)。また外腹斜筋の増加率と重心動揺の変化率との間に有意な負の相関がみられた (表4)。

IV. 考 察

片脚立位時の立脚側体幹筋においては、両脚立位と比べて、主に内腹斜筋、腰部多裂筋の活動が増大し、胸部脊柱起立筋、腰部脊柱起立筋は変化が少ないことが示された。Snijders^{ら⁷⁾}は、一側下肢への荷重量の増大にともなう仙腸関節への揃断力に対し骨盤の安定化を図るため、立脚側の内腹斜筋の活動が増加する事を示唆している。しかし、本研究では内腹斜筋の筋活動の標準偏差は大きい傾向にあり、個人差があることが考えられた。また渡邊^{ら⁹⁾}は、両脚立位から一側下肢へ体重を移動しても、立脚側腰背筋の筋活動は有意な変化を示さなかったと本研究と同様の結果を報告している。

片脚立位時の遊脚側体幹筋においては、両脚立位と比べて、主に胸部脊柱起立筋、腰部脊柱起立筋、外腹斜筋の活動が増大し、内腹斜筋は変化が少ないことが

表1 両脚立位と左右片脚立位の体幹筋活動 (%MVC) と重心動揺の比較

	両脚立位	右片脚立位	左片脚立位
体幹筋活動 (%)			
頸部脊柱起立筋	5.1 ± 2.3	6.4 ± 3.3*	6.5 ± 3.2*
胸部脊柱起立筋	11.0 ± 5.4	11.0 ± 4.2	19.4 ± 8.0*
腰部脊柱起立筋	11.1 ± 6.2	10.2 ± 3.9	15.8 ± 7.0*
腰部多裂筋	9.7 ± 3.7	13.7 ± 4.9*	12.1 ± 5.0*
腹直筋	5.3 ± 2.6	6.5 ± 3.1*	6.1 ± 3.3*
外腹斜筋	4.1 ± 2.9	5.8 ± 3.9*	7.0 ± 5.3*
内腹斜筋	14.5 ± 14.5	28.9 ± 27.4*	21.2 ± 28.8
重心動揺			
LNG (cm)	18.9 ± 3.4	66.3 ± 27.4 *	69.7 ± 22.2*
ENV (cm ²)	1.2 ± 0.5	3.1 ± 1.0 *	3.0 ± 1.1 *
REC (cm ²)	3.0 ± 1.2	8.5 ± 3.0 *	8.4 ± 2.8 *
RMS (cm ²)	1.2 ± 0.6	2.5 ± 0.8 *	2.6 ± 1.0 *

Mean±SD

LNG: 総軌跡長 ENV: 外周面積

REC: 矩形面積 RMS: 実効値面積

*: p<0.05

表2 両脚立位を基準とした左右片脚立位時における体幹筋活動と重心動揺の変化率の比較

	右片脚立位	左片脚立位
体幹筋活動		
頸部脊柱起立筋	115.6 ± 13.7	125.0 ± 18.5
胸部脊柱起立筋	113.1 ± 41.1	186.8 ± 50.4*
腰部脊柱起立筋	110.7 ± 44.4	149.9 ± 30.3*
腰部多裂筋	150.6 ± 52.1	126.3 ± 34.3
腹直筋	115.8 ± 14.2	113.8 ± 19.1
外腹斜筋	127.9 ± 24.8	165.2 ± 29.6*
内腹斜筋	239.0 ± 163.5	132.5 ± 37.0
重心動揺		
LNG (cm)	345.9 ± 60.2	366.1 ± 69.6
ENV (cm ²)	275.8 ± 114.7	268.1 ± 103.4
REC (cm ²)	338.4 ± 174.9	318.2 ± 130.8
RMS (cm ²)	265.7 ± 133.3	262.4 ± 106.3

Mean±SD

LNG: 総軌跡長 ENV: 外周面積

REC: 矩形面積 RMS: 実効値面積

*: p<0.05

示された。渡邊ら⁹⁾は両脚立位から一側下肢へ体重を移動すると、遊脚側腰背筋活動が増加したと本研究と同様な結果を報告し、遊脚側腰背筋活動増加は骨盤の水平位保持に関与していると考えしている。また外腹斜筋の働きに骨盤の引き上げがあるが、これは両側の外腹斜筋の活動によるものとされている¹³⁾。本研究で

表3 左片脚立位時の体幹筋活動と重心動揺の相関係数

	LNG	ENV	REC	RMS
頸部脊柱起立筋	-0.53	-0.40	-0.51	-0.41
胸部脊柱起立筋	0.19	0.59	0.54	0.57
腰部脊柱起立筋	0.61*	0.81*	0.71*	0.76*
腰部多裂筋	0.45	0.26	0.23	0.11
腹直筋	-0.07	-0.01	0.08	0.04
外腹斜筋	-0.43	-0.37	-0.40	-0.34
内腹斜筋	-0.17	0.24	0.07	0.26

LNG: 総軌跡長 ENV: 外周面積

REC: 矩形面積 RMS: 実効値面積

*: p<0.05

表4 左片脚立位時の体幹筋活動の変化率と重心動揺の変化率の相関係数

	LNG	ENV	REC	RMS
頸部脊柱起立筋	-0.28	-0.15	-0.04	0.03
胸部脊柱起立筋	0.11	0.14	0.41	0.09
腰部脊柱起立筋	-0.06	-0.03	-0.10	-0.19
腰部多裂筋	0.33	0.31	0.33	0.16
腹直筋	0.09	0.01	0.14	0.16
外腹斜筋	-0.85*	-0.81*	-0.52	-0.75*
内腹斜筋	0.40	0.37	0.34	0.25

LNG: 総軌跡長 ENV: 外周面積

REC: 矩形面積 RMS: 実効値面積

*: p<0.05

は、外腹斜筋の増加率は立脚側(右片脚立位)に比べ遊脚側(左片脚立位)で有意に高かったため、片側立位時の遊脚側外腹斜筋の活動は骨盤の水平位保持のみに関与しているわけではないと考えた。

背部では遊脚側の胸部脊柱起立筋、腰部脊柱起立筋と立脚側の腰部多裂筋の増加率が、腹部では遊脚側外腹斜筋と立脚側内腹斜筋の増加率が高い傾向にあり、前額面上の対角線上で筋活動の増加率が高い傾向という特徴を示した。

遊脚側腰部脊柱起立筋の筋活動と重心動揺間にみられた有意な正の相関から、遊脚側腰部脊柱起立筋は骨盤を水平位保持し、重心の安定化をはかるために筋活動を増していると考えた。また遊脚側外腹斜筋の筋活動の増加率と重心動揺の増加率の間に有意な負の相関がみられた。Preussら¹⁴⁾は、不安定面上座位時の側方傾斜の制動には傾斜側と対側の外腹斜筋、内腹斜筋、胸部脊柱起立筋の筋活動が関与することを報告している。そしてバランス良好群と不良群の2群に分類し検討し

た結果、バランス良好群では、不良群と比べ、傾斜側と比し対側の外腹斜筋の筋活動が高かったとし、側方動揺の制動に対する外腹斜筋の関与を報告している。以上から遊脚側外腹斜筋は側方動揺の制動に関与しているのではないかと考えた。

片脚立位バランスと筋活動や筋力との関係に関する研究では、下肢筋との関係を調べたものが多い^{4,5)}。本研究においては、体幹筋活動が片脚立位時の重心動揺に関与していることが示唆され、片脚立位を使用した立位バランス評価では、下肢筋のみでなく体幹筋活動にも着目する必要性があると考えられた。

引用文献

- 1) Crosbie WJ, Nimmo MA, Banks MA, et al.: Standing balance responses in two populations of elderly women: A pilot study. *Arch Phys Med Rehabil*, 1989, **70**: 741-751.
- 2) Hu MH, Woollacott MH: Multisensory training of standing balance in older adults: I. Postural stability and one-leg stance balance. *J Gerontol*, 1994, **49**: M52-M61.
- 3) 井出 大: 平衡機能障害を伴う脳幹梗塞患者の動作分析, *PTジャーナル*, 2002, **36**: 233-239.
- 4) 笠原美千代, 山崎祐司, 青木詩子・他: 高齢者における片脚立位時間と膝伸展筋力の関係. *体力科学*, 2001, **50**: 369-374.
- 5) 村田 伸: 開眼片足立ち位での重心動揺と足部機能との関連. *理学療法科学*, 2004, **19**: 245-249.
- 6) 大日向純, 齊藤繁幸, 永井秀樹・他: バランスクッション上座位能力と片脚立位機能. *理学療法学*, 2005, **33**(Suppl 1): A0762.
- 7) Snijders CJ, Ribbers MTL, Bakker HV, et al.: EMG recording of abdominal and back muscles in various standing postures: Validation of biomechanical model on sacroiliac joint stability. *J Electromyogr Kinesiol*, 1998, **8**: 205-214.
- 8) Cosio-Lima LM, Reynolds KL, Winter C, et al.: Effects of physio-ball and conventional floor exercises on early phase adaptations in back and abdominal core stability and balance in women. *J Strength Cond Res*, 2003, **17**: 721-725.
- 9) 渡邊裕文: 体重移動訓練. *関西理学*, 2003, **3**: 15-19.
- 10) 佐藤房郎, 富田昌夫, 宇野 潤: 片麻痺の体幹の運動分析—体幹運動と立位動作・ADLとの関係—. *理学療法学*, 1993, **20**: 230-237.
- 11) 下野俊哉: 表面筋電図マニュアル 基礎編. 酒井医療, 東京, 2004.
- 12) Hislop HJ, Montgomery J: 新・徒手筋力検査法 (第7版). 津山直一 (訳), 協同医書, 東京, 2003.
- 13) 森 於菟, 小川鼎三, 大内 弘・他: 分担解剖学 1. 金原出版, 東京, 1950, pp322-323.
- 14) Preuss R, Sylvain MSc, McGill SM: Postural control of the lumbar spine in unstable sitting. *Arch Phys Med Rehabil*, 2005, **86**: 2309-2315.