静的および動的姿勢制御において、支持足（軸足）は 支持足機能を果たしているか？

井原 秀俊* 小松 陽子** 高山 正伸***
池 永 千寿子**** 田代 美由紀* 池田 修**

Does Non-Dominant Leg Play a Supportive Role in Static and Dynamic Postural Control?

Hidetoshi Ihara*, Yoko Komatsu**, Masanobu Takayama***,
Chizuko Ikenaga****, Miyuki Tashiro*, and Osamu Ikeda**

目的は、静的および動的姿勢制御において、非利き足（支持足）が支持機能を果たしているのか検討することである。大学ハンドボール部 29 名を対象にした。支持足は、右が 4 名、左が 25 名であった。静的姿勢制御として、バランスパッド上に、開眼または閉眼にて片足で立たせた。開眼は 5 秒間、閉眼は 3 秒間静止させた。動的姿勢制御として、40cm の椅子から 3 種類の不安定な床面に片足で落下着地し、身体の平衡を 3 秒間保持させた。3 種類の不安定な床面は、バランスパッド、左右に揺れる大型不安定板、前後に揺れる大型不安定板であった。各測定とも利き足と支持足にて行い、5 回成功するまで実施した。失敗数も記録した。膝に装着した 3 軸加速度計で膝の揺れを評価した。加速度の順方向最大値と逆方向最大値の和を最大振幅（MAA）とした。結果は、バランスパッドへの着地では、支持足が利き足よりも MAA が小さかった。静的状態および大型不安定板への着地では、MAA に両足間で有意差はみられなかった。失敗数は静的および動的課題とも両足間で有意差はなかった。スポーツ選手の訓練やリハビリテーションプログラムにおいては、支持足の支持足機能を考慮すべきである。

The aim of this study was to test limb non-dominant (supporting leg) as a supportive role in static and dynamic postural control. Posture control was evaluated in 29 university handball club members. Four athletes reported that their supporting leg was their right leg, and 25 reported that it was their left leg. The static tasks were balancing on a single limb on the balance-pad with eyes open for five seconds and eyes closed for three seconds. Dynamic tasks were a 40-cm single-legged drop landing on three different unstable floors and balancing for three seconds. Three types of unstable floors were used; the balance-pad, large unstable board tilting laterally, and large unstable board tilting anteroposteriorly. Subjects were required to complete five successful trials for each leg. The number of failures was also recorded. Triaxial accelerometers were attached to both the subject's knees. The calculated values of the maximal amplitudes of forward and reverse acceleration were used as the maximal amplitudes for acceleration (MAA). The MAA was compared between the dominant and supporting legs. Results showed that the MAA was smaller for the supporting leg than the dominant leg when landing on the balance-pad. No significant differences in the MAA were found between the two legs neither in the static tasks, nor when landing on the two large unstable boards. The failure rate showed no significant differences between the two legs in static and dynamic tasks. Supportive role on the supporting leg should be considered for training in athletes and rehabilitation program.

Key words : posture control ability (姿勢制御能), supporting leg (支持足), supportive role (支持足機能), laterality (一側優位性)

* 九州労災病院勤労者骨・関節疾患治療研究センター Bone and Joint Center, Kyushu Rosai Hospital, Fukuoka, Japan

** 福岡教育大学 Fukuoka University of Education, Fukuoka, Japan

*** 杉岡記念病院 Sugioka Memorial Hospital, Fukuoka, Japan

**** 新日鐵八幡記念病院リハビリテーション部 Nippon Steel Yawata Memorial Hospital, Fukuoka, Japan

はじめに

静的姿勢保持において、右足は運動作用の役をなし左足は直立姿勢を支持するという、支持足と利き足における支持機能の相違が報告されている⁹⁾¹⁶⁾。一方、動的姿勢制御での支持足の機能に言及した研究は稀である。静的および動的姿勢制御において、支持足は身体支持機能を有しているかどうかを検討した。

対象と方法

大学ハンドボール部員 29 名（男 13 名，女 16 名，年齢 18～21 歳）を対象にした。利き手は，右が 23 名，左が 6 名であった。ボールを蹴る際に，身体を支える側を支持足（軸足）とすると，右が 4 名，左が 25 名であった。参加者に研究の主旨を説明して，参加者全員から同意書を得た。以下の方法で姿勢制御能を評価した。両膝に装着した 3 軸加速度計で膝の加速度を測定した。実際のスポーツ現場に近似させるため，ハンドボール靴を履いた状態で実施した。

①静止姿勢制御評価

バランスパッド（Alcan Airex AG）上に片足で立ち，胸の前で腕を組み，非荷重足を軽く持ち上げ，荷重足に接触させないようにして静止立位を保つように指示した（図 1）。開眼と閉眼の 2 条件下で，利き足と支持足で測定した。開眼は 5 秒間，閉眼は 3 秒間の静止を要求した。5 回成功するまで実施した。バラン

スを乱して片足が床面に着いた場合を失敗とし，失敗数を記録した。

②動的姿勢制御評価

高さ 40cm の椅子から 3 種類の不安定な着地台の中央に向かって，開眼にて片足で踏み切って落下し，踏み切った足で着地し，片脚立位姿勢を 3 秒間保持するように指示した（図 2）。3 種類の着地台は，バランスパッド，前後方向へ最大傾斜 10° を有する大型不安定板，側方方向へ最大傾斜 10° を有する大型不安定板と

図 1 静止姿勢制御評価
バランスパッド上に片足で立ち，開眼では 5 秒間，閉眼では 3 秒間，バランスを取らせた。

図 2 動的姿勢制御評価
高さ 40cm の椅子から 3 種の異なる不安定な台に片足で着地させ，姿勢を 3 秒間保持するように指示した。
a) バランスパッド，b) 前後に揺れる不安定板，c) 左右に揺れる不安定板

した。大型不安定板は独自に作成したもので、向きを変えて、前後および左右方向へ傾斜する。椅子の先端から着地台の中央までの距離は55cmとした。支持足、利き足それぞれ5回成功するまで実施した。3秒間姿勢が保てない場合は失敗として、失敗数を記録した。

解析方法

加速度データで、加速度の順方向最大値と逆方向最大値の和を最大振幅とし、3方向の最大振幅の平均値（平均最大振幅）を、身体動揺性の評価指標とした（図3）。静的姿勢制御評価では合図から3秒間、動的姿勢制御評価では着地後1秒間における平均最大振幅を、利き足と支持足で比較した。失敗数は、支持足、利き足ともそれぞれの失敗総数で比較した。

静的姿勢制御評価では対応のあるt検定、動的姿勢制御評価ではウイルコクソン符号付順位和検定、失敗数ではマン・ホイットニ検定にて、支持足と利き足を比較した。さらに動的姿勢制御評価では、両足の失敗数を合計して、着地台間に差があるかをクラスカル・ウォリス検定で検討した。

結果

①静止姿勢制御評価

開眼では、支持足（平均 $4.32 \pm 1.50 \text{ m/s}^2$ ）、利き足（平均 $4.23 \pm 1.50 \text{ m/s}^2$ ）と両足間には有意差はなかった。閉眼でも、支持足（平均 $8.17 \pm 2.26 \text{ m/s}^2$ ）、利き

図3 加速度の最大振幅
加速度の順方向最大値と逆方向最大値の和を最大振幅として、身体動揺性の評価指標とした。

足（平均 $8.42 \pm 2.99 \text{ m/s}^2$ ）と両足間には有意差はなかった。

②動的姿勢制御評価

バランスパッドへの着地では、支持足（平均 $18.79 \pm 17.73 \text{ m/s}^2$ ）が利き足（平均 $20.79 \pm 19.87 \text{ m/s}^2$ ）よりも動揺度が少なかった（ $p=0.0005$ ）（図4）。性別にみると、男性では支持足（平均 $19.46 \pm 17.78 \text{ m/s}^2$ ）が利き足（平均 $22.48 \pm 21.00 \text{ m/s}^2$ ）よりも動揺度が少なかった（ $p=0.0034$ ）。女性では、支持足（平均 $18.24 \pm 18.26 \text{ m/s}^2$ ）、利き足（平均 $19.42 \pm 19.47 \text{ m/s}^2$ ）と両足間で差はなかった（ $p=0.065$ ）。

前後方向傾斜の大型不安定板への着地では、支持足（平均 $24.76 \pm 22.76 \text{ m/s}^2$ ）、利き足（平均 $23.32 \pm 22.45 \text{ m/s}^2$ ）と両足間で差はなかった。側方方向傾斜の大型不安定板への着地では、支持足（平均 $24.53 \pm 23.20 \text{ m/s}^2$ ）、利き足（平均 $24.68 \pm 23.99 \text{ m/s}^2$ ）と両足間で差はなかった。

③失敗数評価

失敗数では、静的および動的姿勢制御評価とも支持足、利き足間で差はなかった（図5）。動的姿勢制御評価の3種類の着地台の失敗数は、バランスパッド42回、前後方向傾斜の大型不安定板18回、側方方向傾斜の大型不安定板10回で、着地台の間には有意差があった（ $p=0.0002$ ）。

図4 バランスパッドへの着地時の動揺性
支持足が利き足よりも動揺度が有意に少なかった（ $p=0.0005$ ）。

図5 支持足、利き足の失敗数の比較
支持足と利き足間には有意の差はなかった。

考 察

ボールを蹴る場合、蹴る側の下肢筋よりも先に、対側の下肢筋がいち早く活動する。蹴る動作によって引き起こされる身体の動揺を、支持側の下肢があらかじめ制御して、初めて蹴る動作が開始される。階段下降時には、後ろに残した段上側の下肢で身体を支持する。このように、動作遂行の際の支持足としての機能は重要である。足を左右別に分けた場合、左足が必ずしも支持足とはならないため、本研究では支持足と利き足に分類した。

静的姿勢研究から、立位での下肢の左右の機能差について、利き手と対側にある下肢が、支持足機能を果たしていると報告されている⁹⁾¹⁶⁾。四肢の左右のどちらかに一定の役割が分担されていることは、一側優位性と呼ばれている。下肢の一側優位性について言及した研究は前述の研究以外に、足底荷重に関するもの⁶⁾⁸⁾¹⁸⁻²⁰⁾、上肢動作との関連でみた研究¹⁾⁷⁾、運動遂行能に関する報告²⁾⁵⁾¹⁷⁾、関節位置覚での研究³⁾⁴⁾などが報告されているが、いずれも静的に近い姿勢制御評価である。動的姿勢制御評価としては、茅野ら¹⁵⁾が、両脚起立時、左足から右足への移動が、右足から左足への移動より重心移動時間が短いと報告している。

本研究では、静的姿勢制御評価では、支持足の優位性を示せなかった。視覚情報を取り除いた閉眼で、差が出るかと予想したが実際は差はなかった。実施時の姿勢保持の失敗が多く、この場合、視覚情報が運動器の情報よりも勝っていたことが、差が出なかった理由の1つと思われる。

一方、動的姿勢制御において、バランスパッドへの着地では、支持足での支持機能が優れていることが判明した。しかし、同じ動的評価でも、大型不安定板への着地時では、支持足の優位性は示せ得なかった。その理由として、多方向の揺れを引き起こすバランスパッドと異なり、大型不安定板では揺れの方向が予測でき、中心に着地すると揺れをほとんど伴わずに姿勢の保持ができたためと思われる。また、椅子の高さを一定にしたため、大型不安定板では相対的に落下高が減少したことも考えられよう。失敗数の相違が示すように、大型不安定板の難易度が低かったために、両下肢間での差が出なかったと推測している。

著者が今までに用いた床面不安定での片脚立位での姿勢保持を難易度順に挙げると、市販の円盤型不安定板、バランスパッド、大型不安定板への着地、バランスパッドへの着地、小型円筒型不安定板の順に難しくなる。不安定性が大きい小型円筒型不安定板においては、女性では支持足機能が劣っていることを報告した¹²⁾。このことは女性の左膝の易損傷¹³⁾を示唆しているのかもしれない。それゆえ、不意な状況変化に対応できるように、支持機能を考慮した訓練を重視すべきであろう。

支持足と利き足の機能が違うことを考慮して、スポーツ外傷予防やリハビリテーションにおいては、支持足の身体支持機能を重視したプログラム¹⁰⁾¹¹⁾¹⁴⁾を組むことを提言したい。

ま と め

支持足は利き足に比較して、静的姿勢制御ではその

優位性を示せ得なかった。一方、動的姿勢制御としてのバランスパッドへの着地においては、支持足は着地時の身体の動揺を少なくするような支持機能に優れていた。

参 考 文 献

- 1) Cameron, M., Adams, R.: Kicking footedness and movement discrimination by elite Australian Rules footballers. *J. Sci. Med. Sport*, 6 : 266-274, 2003.
- 2) Dittmar, M.: Functional and postural lateral preferences in humans: interrelations and life-span age differences. *Hum. Biol.*, 74 : 569-585, 2002.
- 3) Fischer-Rasmussen, T., Jensen, P. E.: Proprioceptive sensitivity and performance in anterior cruciate ligament-deficient knee joints. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 10 : 85-89, 2000.
- 4) Fremerey, R. W., et al.: Proprioception after rehabilitation and reconstruction in knees with deficiency of the anterior cruciate ligament. *J. Bone Joint Surg.*, 82B : 801-886, 2000.
- 5) Gabbard, C., Hart, S.: Effects of standing and sitting on finger-tapping speed in healthy adults. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 32 : 525-529, 2002.
- 6) Gatev, P., et al.: Changes in plantar pressures during bipedal stance with different stance width. *Acta Physiol. Pharmacol. Bulg.*, 26 : 137-142, 2001.
- 7) Haaland, E., Hoff, J.: Non-dominant leg training improves the bilateral motor performance of soccer players. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 13 : 179-184, 2003.
- 8) 濱田美希, 他: 下肢部分荷重訓練における荷重再現能力の特性. *運動療法と物理療法*, 13 : 28, 2002.
- 9) 平沢彌一郎: Stasiology からみた右足と左足. *神経進歩*, 24 : 623-633, 1980.
- 10) 井原秀俊: 足底機能を重視する. *関節トレーニング* (改訂版), pp.89-107. 東京, 協同医書出版社, 1996.
- 11) 井原秀俊: 閉鎖運動にて訓練する. *関節トレーニング* (改訂版), pp.191-219. 東京, 協同医書出版社, 1996.
- 12) 井原秀俊, 他: 不安定板動揺制動能の下肢左右差. *日整会誌*, 78 : S827, 2004.
- 13) 井原秀俊, 他: 非接触性 ACL 損傷における性差・左右差. *整形外科と災害*, 54 : 241-246, 2005.
- 14) 井原秀俊, 他: 女性スポーツ選手の膝・足関節外傷に対する姿勢制御訓練の効果: 前向き介入研究. *整形外科*, 60 : 1093-1099, 2009.
- 15) 茅野慎一, 他: 足圧中心の移動時間から見た利き足と軸足の特性. *運動療法と物理療法*, 13 : 27, 2002.
- 16) 木村邦彦, 浅枝澄子: ヒトの四肢の一侧優位性について. *人類学雑誌*, 82 : 189-207, 1974.
- 17) 月村泰治, 他: 荷重力からみた右足と左足. *姿勢研究*, 11 : 23-29, 1991.
- 18) 鵜田文男, 他: 靴型足底力分布測定装置の開発: 直線歩行解析の臨床試用. *日本臨床バイオメカニクス学会誌*, 15 : 423-426, 1994.
- 19) Tsuru, T., et al.: Dynamic pressure distribution beneath the foot during walking. *Seigeigeka to Saigaigeka* (West Jp. J. Orthop. Traumtol.), 39 : 839-842, 1990.
- 20) 内田俊彦, 他: X 線像における足部形態の検討: 左右の比較検討. *日本足の外科学会雑誌*, 14 : 10-12, 1993.