

傾斜板上における立位姿勢保持がその後の疾走動作に及ぼす影響

Effects of keeping upright posture on inclined plate on sprint motion

中宗一郎¹⁾・久保田浩史²⁾・滝優里花²⁾・山本貴大²⁾・谷口貴章²⁾・松本香奈³⁾・岡 将志⁴⁾

Soichiro Naka¹⁾, Hiroshi Kubota²⁾, Yurika Taki²⁾, Takahiro Yamamoto²⁾
Takaaki Taniguchi²⁾, Kana Matsumoto³⁾ and Masashi Oka⁴⁾

- 1) ゼビオホールディングス株式会社
XEBIO HOLDINGS CO., LTD.
- 2) 岐阜大学教育学部保健体育講座
Department of Physical education, Faculty of Education, Gifu University
- 3) 岐阜女子大学
Gifu Women's University
- 4) S&Sコミュニケーションズ
S&S Communications

キーワード：傾斜上立位, COP, 疾走動作, 身体前傾

【概要】本研究の目的は、傾斜板上で立位姿勢を保持することで生じる足圧中心位置(COP:center of pressure)の変化が、疾走動作にどのような影響を及ぼすかについて検討することであった。被験者は、大学陸上競技部に所属する短距離選手9名であった。まず、傾斜上立位後の平面上立位姿勢時において、COPがどのように変動するか検討した。傾斜上立位は、爪先下がりの傾斜板(前傾斜)上立位および、踵下がりの傾斜板(後傾斜)上立位の2種類で実施した。その結果、COPは前傾斜上立位後で踵側へ、後傾斜上立位後で足趾側へ変動することが確認された。次いで、前傾斜上立位および後傾斜上立位の直後における10+30mの加速走で、疾走動作が変化するか検討した。結果、身体前傾角度、股関節屈曲角度、膝関節屈曲角度、疾走時間、ストライド、ピッチの7項目において、変化は認められなかった。結論として、傾斜上立位を行うことにより、その後の平面上立位姿勢における重心位置が変動するが、疾走動作に変化はないことが示唆された。

I. 緒言

陸上競技短距離種目の100m走の疾走動作は、レース中の疾走速度の変化を基に、加速局面、等速局面、減速局面に分けることができる³⁾。短距離走のパフォーマンスを向上させるには、スタートから徐々に上体を起こしてスムーズに加速することや、疾走速度を差第速度へ到達させることなどが必要である¹⁰⁾。川本⁴⁾は体軸を真っ直ぐにし、できるだけ前傾させて走ることが加速に必要であると述べている。また、トム・エッカー^{12,13)}は、短距離走における身体の前傾とは、ただ上体を折り曲げるように倒すのではなく、

身体の重心を前方へ移動することで、接地した足と重心を結ぶ線を傾けることであると述べている。加えて、阿部¹⁾は加速局面では、トップスピードに早く達することを目指すよりも、エネルギーのロスなく、そのレースに必要なスピードに達することを目標にするのがよいと述べている。したがって、加速局面の動作は、等速局面の動作に影響する。以上のことから、疾走動作の加速局面では、真っ直ぐな体軸を前傾させて、いかに運動エネルギーのロスなく、レースに必要なスピードを出せるか、等速局面に効率よくつなげることができるかが重要となる。

また、傾斜板上で立位姿勢を保つことにより、その後の平面上での立位姿勢における重心位置が変動することが報告されている⁵⁻⁸⁾。重心位置の変動量は、傾斜板の角度と正の相関関係にあり、開眼よりも閉眼状態における傾斜板上での立位姿勢保持による変動量が大きいたことが明らかにされている。また、傾斜板の傾斜が前方下がり（以後、前傾斜）の場合は、平面上立位姿勢における重心位置は踵側に変動し、後方下がり（以後、後傾斜）の場合は、重心位置は足趾側へ変動することが明らかにされている。つまり、前傾斜及び後傾斜の傾斜板上での立位姿勢保持が、その後の立位姿勢の重心位置を、前者は後側に、後者は前側に変動させる。また、藤原⁹⁾は立位時の重心位置と、歩行・走行時の重心位置は類似する傾向があると報告している。このことから立位時の重心位置を変動させると疾走時の重心位置も変動する可能性がある。以上のことから、傾斜板上で立位姿勢保持を行うことで重心位置が変動し、疾走動作の加速局面で、身体軸の前傾角度が変化しうる可能性がある。また、加速局面の動作の変化は、等速局面の動作に影響しうることから疾走動作全体が変化しうる可能性がある。しかし、これまで、傾斜板上での立位姿勢保持による重心位置の変動が疾走動作に及ぼす影響を検討した研究はない。そこで本研究では、傾斜板上での立位姿勢保持による重心位置の変動が、疾走動作の加速局面および等速局面に及ぼす影響について検討することを目的とした。

II. 方法

1) 被験者

岐阜大学陸上競技部に所属し、短距離種目を専門とする選手9名（年齢：20.8±1.0歳、身長：172.7±4.5cm、体重：61.6±5.0kg、足長26.1±1.0cm）であった。また、被験者の100mのベスト記録は、11.39±0.39 secであった。

2) 重心位置変動値の測定および解析

被験者は平面上立位と、傾斜角度20°の傾斜板における前傾斜上立位、および後傾斜上立位

の3条件の立位姿勢保持を、閉眼状態で1分間行い、それぞれの立位後、速やかに重心軌跡測定器の台上にあがり、10秒間、重心位置を測定した。重心位置は、重心軌跡測定器T.K.K.5810（竹井機器製）で測定するY軸方向の値を、重心軌跡測定器プログラム（竹井機器製）を用いて算出した。各条件間には十分な休憩をはさみ、それぞれの条件を各1回ずつ測定した。測定中は目線の高さで1.5m前方に印したマーカーを注視し、踵間10cmで膝関節と股関節を伸展させた立位姿勢で行った。なお、測定の順序は平面上立位を最初に行い、前傾斜上立位と後傾斜上立位はランダムとした。

3) 疾走動作の撮影および解析

動作の撮影は、ハイスピードカメラ（CASIO社製 HIGH SPEED EXILIM EX-FH20）を240コマ/sec、シャッター速度1/500に設定して行った。被験者は、3条件の立位姿勢保持を閉眼で1分間行った後、それぞれの立位姿勢保持の直後に10+30mの加速走（スタンディングスタート）を行った。算出項目は、スタートから10mまでの疾走動作（身体前傾角度、膝関節屈曲角度、股関節屈曲角度）と、10m地点から40m地点までの30m疾走時間、ストライド長、およびピッチであった。これらの項目の算出は、被験者の身体マーカー6点（右大結節、右腸骨稜、右外側顆、左内側顆、右外踝、左内踝）から、動作分析支援システムOTL8-DZ（オクタル社製）を用いて行われた。

4) 統計解析法

平面、前傾斜、後傾斜の各条件での重心位置変動値あるいは疾走動作の差を検討するために、フリードマン検定を用いた。検定の結果、有意な差が認められた場合、Bonferroniの多重比較検定を行った。また、変数の相関には、スピアマンの順位相関係数を用いた。なお、本研究では統計的有意水準はすべて5%に設定した。

5) 被験者へのインタビュー

疾走動作の撮影後、全被験者に対し、傾斜上立位後の疾走についての感想のインタビューを

行った。「傾斜上立位の影響を感じたかどうか」を質問した後、「はい」と答えた被験者には、次いで「前傾斜条件と後傾斜条件を比較して、どちらが走りやすかったか」を質問した。加えて、理由についても聞き取りを行った。

Ⅲ. 結果

1) 重心位置

本研究における重心位置は、測定器上で立位姿勢を安定させてから10秒間測定した値において、Y軸方向の値を1/1000秒ごとに記録し、被験者の足長で除した値とした。評価変数は、足趾側の値を正の値で、踵側の値を負の値で示した。前傾斜上立位後の重心位置は、平面上立位時に比べて有意に足趾側へ変動した(表1)。

2) 疾走動作

スタートから7歩までの疾走動作は、身体前傾角度、膝関節屈曲角度、および股関節屈曲角度で、各条件間に有意な差は認められなかった。また、身体前傾角度、膝関節屈曲角度、および股関節屈曲角度のそれぞれの項目で、疾走時間および重心位置との間に有意な関係が認められなかった。

3) 疾走時間、ストライド長およびピッチ

10~40m区間における疾走時間、ストライド長およびピッチにおいて各条件間に有意な差は

認められなかった(表2)。また重心位置との間に有意な相関が認められなかった。

4) 被験者の感想

被験者には測定後、インタビューを行った。傾斜上立位の影響を感じなかった被験者は4人、後傾斜条件に比べて前傾斜条件の方が走りやすかったと回答した被験者が1人、前傾斜条件に比べて後傾斜条件が走りやすかったと回答した被験者は4人であった。

Ⅳ. 考察

本研究では、陸上競技短距離選手を対象に、閉眼条件の下、1分間の傾斜板上立位をおこなった後の重心位置の変動を検討した。中山ら⁵⁻⁸⁾は、健常成人を対象に、20秒間の傾斜板上立位を開眼状態で行った後の重心位置の変動を検討し、重心位置が傾斜方向と逆の方向へ変動したと報告している。本研究の結果は、先行研究と同様に前傾斜上立位では踵側に、また後傾斜上立位では足趾側へと重心位置が変動した。これは、傾斜上立位中、またはその後の平面上での立位において、体性感覚による姿勢制御がはたらいたことを示唆している。政二⁹⁻¹¹⁾は、「身体平衡機能に利用される体性感覚系の感覚器は、筋紡錘、ゴルジ腱器官、関節受容器、皮膚感覚などがあり、これらの感覚器の情報が統合されて平衡感覚となる。しかし、局所的な刺激などで人為的に筋紡錘や足底皮膚感覚などを刺激すると、

表1 10秒間のY軸方向における重心位置の足長比 (n=9)

	Median			χ^2	p	多重比較検定 後>平>前
	平面	前傾斜	後傾斜			
重心位置変動値の足長比 (%)	2.1	-9.5	11.4	18	<0.01	

表2 10mから40mの区間における疾走時間 (n=9)

	平面		前傾斜		後傾斜		χ^2	p
	M	SD	M	SD	M	SD		
疾走時間(sec)	3.3	0.12	3.32	0.11	3.33	0.12	2.72	0.26

M: 平均値, SD: 標準偏差

他の感覚器が機能していても体性感覚からの誤った感覚情報に応じた姿勢応答がみられる」と述べている。また、中山ら⁵⁻⁸⁾は、傾斜上立位を爪先上がりで行った時の筋活動について、平面上立位と比較して、傾斜板上立位中では前脛骨筋に顕著な増加がみられ、傾斜板上立位直後の平面上立位では、腓腹筋外側頭の活動も増加したと報告している。以上のことから、傾斜板上立位を行うことによって、体性感覚を維持している受容器へ刺激を与え、体性感覚情報の錯覚を引き起こす可能性がある。平衡機能を司る感覚は主に、前庭感覚、視覚、体性感覚の三つであるが、本研究では体性感覚の錯覚によって重心位置が変動した。つまり、傾斜板上立位時において、足関節が底屈あるいは背屈したり、前脛骨筋や腓腹筋などの張力が発揮されたり、関節受容器や筋紡錘、ゴルジ腱器官などの体性感覚に刺激を与えたと考えられる。また、傾斜上立位中の足底面では、前傾斜において踵側で、後傾斜において爪先側で、皮膚感覚刺激が増加したと考えられる。これら体性感覚に影響を与える刺激が、傾斜板上立位によって残存することで、その後の平面上での立位においても傾斜上立位時の感覚が残存した結果、傾斜錯覚を引き起こしたと推察される。

また本研究では、傾斜上立位直後の疾走動作に変化はなかった。傾斜上立位によって変動したのは、静止立位姿勢における重心位置であり、静止立位時には主に体性感覚によって姿勢制御が行われている可能性について前述した。対して疾走直前の姿勢は足を前後に開き、前脚の膝を屈曲させ、上体を屈めるような姿勢であった。静止立位中における前庭感覚の貢献度は低い、運動時における平衡機能の中心的役割は、前庭感覚が担っていることから⁹⁻¹¹⁾、疾走直前の姿勢では、頭部の位置の違いや重力を検知する前庭感覚が、主として平衡機能に貢献していたと考えられる。すなわち、傾斜上立位で生じた傾斜

錯覚が、疾走直前の姿勢によって視覚情報や前庭感覚情報が統合されたことにより、軽減された可能性がある。また、傾斜上立位では膝や股関節を屈曲させない姿勢であるのに対して、疾走直前では前脚の膝や股関節を大きく屈曲させるような姿勢であった。この姿勢の違いによって膝の関節受容器や筋紡錘、ゴルジ腱器官などの体性感覚器への刺激に差異が生じ、傾斜上立位で発現した傾斜錯覚が軽減した可能性がある。今後は、静止立位姿勢に類似した姿勢から実行される運動に焦点を当て、傾斜上立位が運動パフォーマンスに及ぼす影響を検討する必要がある。また、本研究で対象にした被験者の100m大学ベストは、最も速い選手で10.66 sec、最も遅い選手で11.88 secであり、疾走能力のレベルに大きな差があった。被験者の中で最も速い2名の選手は、インタビューにおいて、自身の走りやすさとタイムおよび身体傾斜角度が合致していた。政二⁹⁻¹¹⁾は、平衡感覚について競技レベルが高い選手ほど優れていることが予想されると述べている。今後の研究で、競技レベルの高い短距離選手に焦点をあてて、傾斜上立位が疾走動作に及ぼす影響について検討していく必要がある。

V. 結論

本研究では、陸上競技短距離選手を対象に、傾斜板上で立位姿勢を保持することで生じる、足圧中心位置の変化が、疾走動作にどのような影響を及ぼすかについて検討した。その結果、直後の平面上立位姿勢における重心位置は変動するが、疾走動作に影響しないことが示唆された。しかしながら、競技レベルの高い選手は、感覚とパフォーマンスの一致が見られたため、残された課題として、身体感覚が優れると考えられる競技レベルの高い選手を対象にした検討が必要であろう。

VI. 文献

- 1) 阿部征次 (1988) 陸上競技指導教本. 財団法人日本陸上競技連盟編, 大修館書店, 22-23.
- 2) 藤原勝夫 (2000) ヒトの姿勢制御機能から知るバランス能力. *Coaching Clinic*, 14,(5), 6-9.
- 3) 深代千之 (2012) <知的>スポーツのすすめ. スキルアップのサイエンス, 東京大学出版会, 23.
- 4) 川本和久 (2008) 福島大学陸上競技部の「速い走り」が身につく本. マキノ出版, 48-110.
- 5) 中山恭秀 (2009) 斜面板上立位姿勢保持が及ぼす姿勢調節方略への影響－筋電図学的解析理学療法科学－. 24 (6), 817-820.
- 6) 中山恭秀, 安保雅博 (2009) 斜面板上における立位姿勢保持が直後の平面上における最大重心変動域に及ぼす影響. *理学療法科学*, 24 (3), 387-390.
- 7) 中山恭秀, 安保雅博, 飯島節 (2008) 斜面板上における立位姿勢保持がその後の平面上における重心動揺に及ぼす影響－健常成人および片麻痺患者による比較－. *理学療法科学* 23 (5), 585-588.
- 8) 中山恭秀, 吉田啓晃, 飯島節, 小林一成, 安保雅博 (2008) 足底面傾斜刺激持続入力が刺激解除後の立位時重心位置に及ぼす影響と規則性－足底傾斜角度の関係－. *理学療法基礎学*, 35 (Supplement_2), 550.
- 9) 政二慶 (2010) 静止立位の姿勢制御. *運動生理学のニューエビデンス*, 真興交易, 66-75.
- 10) 政二慶 (2011) 立位姿勢の制御機構. *姿勢の脳・神経科学－その基礎から臨床まで－*, 市村出版, 51-69, 55.
- 11) 政二慶 (2012) 平衡感覚と運動スキル. *体育の科学*, Vol.63, No.2.
- 12) トム・エッカー (1999) 基礎からの陸上競技バイオメカニクス. ベースボールマガジン社, 19-23.
- 13) トム・エッカー (1979) 運動力学による陸上競技の種目別最新技術. ベースボールマガジン社, 3-33.
- 14) 湯浅徹平 (1982) 陸上競技入門シリーズ 1 短距離. ベースボールマガジン社, 11.