

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月26日現在

機関番号：31301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K16432

研究課題名(和文) 体育授業におけるハードル走の3次元的技术評価指標の開発

研究課題名(英文) Development of three-dimensional technical evaluation index of hurdle running in physical education class

研究代表者

柴山 一仁 (Shibayama, Kazuhito)

仙台大学・体育学部・講師

研究者番号：50634060

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ハードル走技能向上のための技術的要因を3次元的に明らかにするために、熟練者群(S群)と未熟練者群(N群)を対象にハードル走動作の分析を行った。その結果、S群はより大きな疾走速度を獲得し、リード脚の素早い振り上げ、振り下ろし動作により短時間でハードリング動作を行っていた。また、踏切局面において、S群はより減速が小さく、加速が大きかった。N群の減速が大きい要因として、踏切脚を踵から接地し、膝の屈曲伸展が大きかったことにより、減速局面の時間が増加したことが挙げられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で示したハードル走における技術評価のポイントを体育授業などで評価指標として使用することにより、これまで主観的に評価されてきたハードル走技能に関して、科学的根拠に基づいた客観的な評価の一助となると考えられる。特に、これまでは抜き足の動作については、3次元的な動作を行っているため明確な評価の基準が示されていなかったが、本研究ではそのような点も明らかにすることができた。

研究成果の概要(英文)：The present study aimed to clarify technical factors for hurdle running skill by three dimensional analysis. Twenty-one subjects participated in this study. Subjects were divided for skilled group (SG) and novice group (NG). As a result, SG achieved higher sprint speed and shorter hurdling time by quicker swung upward and downward of the lead leg movement. And SG had the smaller deceleration force and larger acceleration force in the the takeoff phase. The reason for the large deceleration of the NG in takeoff phase was larger deceleration time by the heel contact and larger flexion and extension of the knee.

研究分野：スポーツバイオメカニクス

キーワード：技術評価 踏切脚の接地様式

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ハードル走は、走運動と跳躍運動の組み合わせ運動として、小学校から高等学校までの体育授業で実施されている。学習指導要領解説では、発達や学習段階により差はあるものの、主に①ハードルをリズムカルに越えること、②ハードルを低く越えること、の2点が技能の評価項目として挙げられている(文部科学省, 2008)。体育授業におけるこれらの技能は、指導者個人による観察と経験に基づいて評価されることが多く、科学的根拠に基づいた評価(Evidence based assessment)が適切に行われているとは言い難い。スポーツにおける人間のふるまいを力学的に検討する学問であるスポーツバイオメカニクスをそのエビデンスとして用いることは、運動をより深く理解し、動作改善のための適切な情報を得るために重要である。

しかし、これまで行われてきた体育授業におけるハードル走に関するバイオメカニクスの研究は、ハードリングにおける距離または所要時間に関する分析(Otsuka et al., 2010)や、ハードリング動作を側方から捉えた矢状面2次元動作分析(安井ほか, 1996)に留まっている。ハードリング動作は踏切脚の側方への振り上げを伴う3次元的な動作であり、2次元的な分析のみではハードル走の技術的要因を定量化することは困難であると考えられる。ハードル走を専門とする熟練者群の動作をモデルとして、未熟練者群の動作との比較を行うことにより、ハードル走の重要な技術ポイントについて明らかにすることができるだろう。

2. 研究の目的

本研究の目的は、体育授業におけるハードル走技能向上のための技術的要因を3次元的に明らかにし、新たな技術評価指標を作成することである。

3. 研究の方法

ハードル走の熟練者と未熟練者を対象に、三次元自動動作分析装置を用いてハードリング動作を撮影し、踏切における地面反力を装置と同期して測定した。

(1)被験者

ハードル走の競技経験年数が5年以上であり、継続的にトレーニングを実施しているハードル走熟練者13名を熟練者、学校体育以外でハードル走の経験を持たない男子大学生8名を未熟練者とした。

(2)実験試技

スタンディングスタートからのハードル5台走を全力で3本実施した。先行研究をもとに、ハードル間の距離は8.0m、ハードルの高さは0.84mとした。

(3)データ収集方法

4目目ハードル前後の動作を、三次元自動動作分析装置(Motion Analysis社製, Mac3D system)を用いて250Hzで測定するとともに、走路に埋設した4枚の床反力計(Kistler社製, 9287CA)をシステムと同期させ、踏切支持期における地面反力を1000Hzで測定した。

(4)データ処理方法

得られた身体各部位の3次元座標値は、遮断周波数を12Hzに設定した4次のバターワース型デジタルフィルタを用いて平滑化した。平滑化した身体座標値を筋骨格モデル動作解析ソフト(nMotion muscular, nac社製)に入力することにより、身体重心速度、下肢関節角度等のキネマティクスのデータに加えて、支持期における下肢関節トルク等のキネティクスのデータを算出した。群間の差について検討するために、各算出項目に関して対応のないt検定を行った。有意水準は5%未満とした。

4. 研究成果

ハードル走技能向上のための技術的要因を3次元的に明らかにするために、熟練者群(S群)と未熟練者群(N群)を対象にハードル走動作の分析を行った。その結果、以下のような特徴が明らかになった。

- ① 表1は、ハードリング動作中の所要時間を各群の平均値と標準偏差で示したものである。S群は、踏切支持期中のプレーキ局面に要した時間が短いことにより、支持期全体に要した時間が短かった。また、ハードリング中の滞空期に要した時間も短く、より短い時間で動作を行っていた。

	熟練者	未熟練者	有意差
プレーキ局面 (s)	0.08±0.01	0.12±0.02	p < 0.01
加速局面 (s)	0.05±0.00	0.05±0.00	N.S.
支持局面全体 (s)	0.13±0.01	0.17±0.02	p < 0.01
滞空期 (s)	0.36±0.03	0.45±0.04	p < 0.01

平均値±標準偏差

- ② 踏切脚支持期のつま先からハードルまでの水平距離(踏切距離)と、ハードルからリード脚支持期のつま先までの水平距離(着地距離)に、群間に差はみられなかった。しかし、両者の和であるハードリング距離は、S群の方が大きかった。
- ③ S群は、進行方向における分析区間中の身体重心速度が常に大きかった。また、踏切脚接地時における負の鉛直速度と離地時における正の鉛直速度が小さく、結果としてリード脚接地時における負の鉛直速度が小さくなっていた。

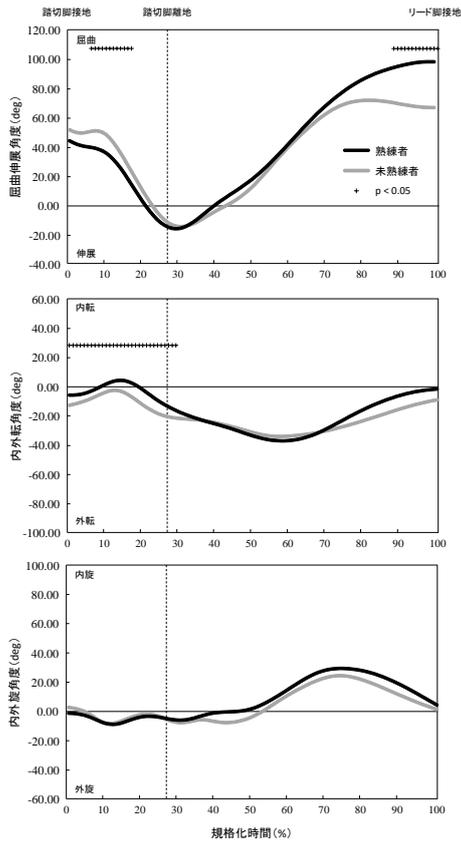


図1 踏切脚股関節角度の変化

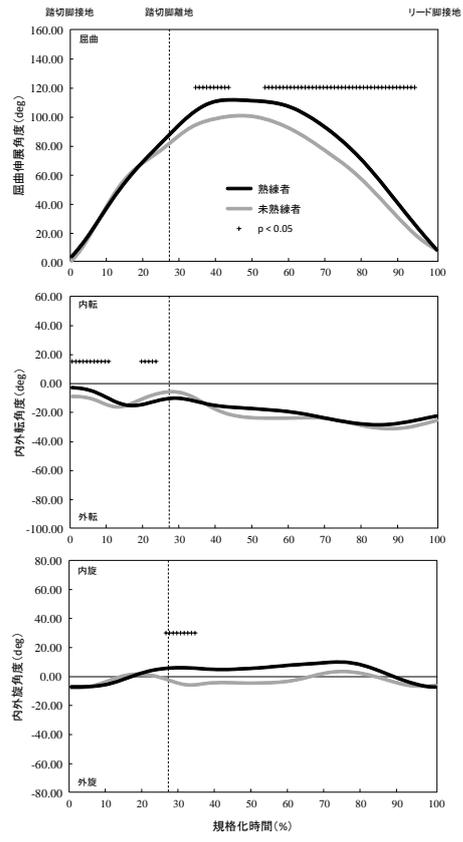


図2 リード脚股関節角度の変化

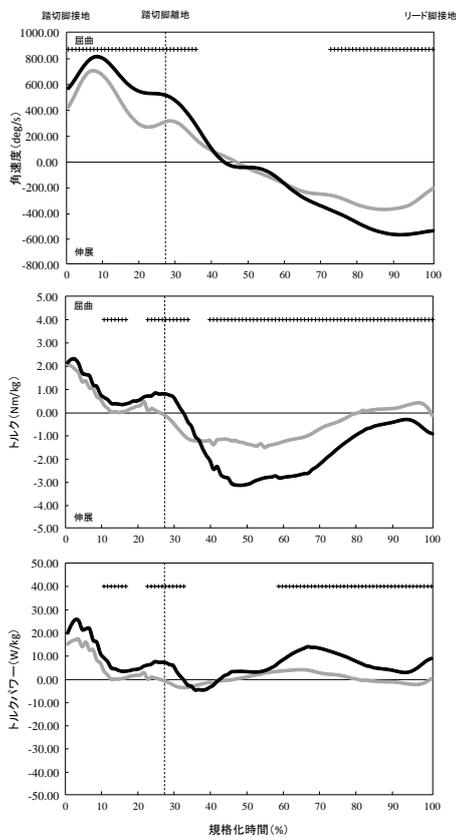


図3 リード脚股関節における屈伸角速度、関節トルク、トルクパワー

- ④ 踏切支持期のブレーキ局面では、進行方向、鉛直方向ともに平均力に差はみられないものの、S群では局面の所要時間が短いことにより、力積が小さくなっていった。加速局面では、進行方向、鉛直方向ともに平均力が大きく、力積も大きくなっていった。
- ⑤ 図1は、踏切脚における股関節の屈伸伸展、内外転、内外旋角度の変化を各群の平均値で示したものである。踏切脚支持期ではS群がより股関節の屈曲が小さく、内転位にあった。空中局面では大きな差はみられなかったが、リード脚接地前に大きい屈曲を示した。
- ⑥ 図2は、リード脚における股関節の屈伸伸展、内外転、内外旋角度の変化を各群の平均値で示したものである。また、図3はリード脚における股関節屈伸伸展角速度、トルクおよびトルクパワーの変化を各群の平均値で示したものである。S群は、踏切脚支持期における屈伸角速度および屈曲トルクが大きかった。さらにS群は、リード脚の接地前における伸展位角速度と伸展位トルクが大きかった。したがって、S群では、短時間でハードリング動作を行うためにリード脚の素早い振り上げ、振り下ろし動作を行っていたと考えられる。

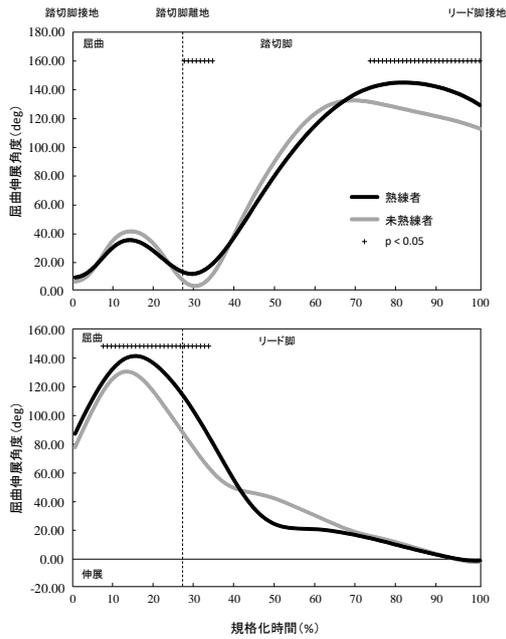


図4 踏切脚(上図)およびリード脚(下図)膝関節屈曲伸展角度の変化

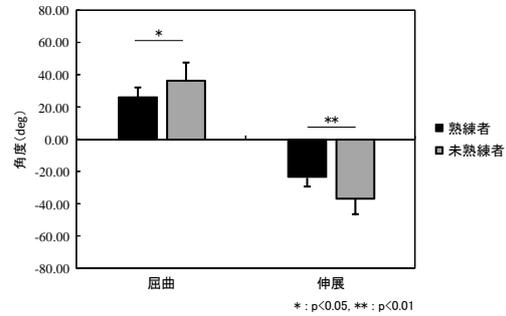


図5 踏切脚支持期における踏切脚膝関節の屈曲伸展角変位

- ⑦ 図 4 は、踏切脚とリード脚における膝関節屈曲伸展角度の変化を各群の平均値で示したものである。また、図 5 は踏切脚支持期における膝関節の屈曲伸展角変位を各群の平均値と標準偏差で示したものである。S 群は、支持期に踏切脚膝関節の屈曲伸展がより小さかった。また、空中局面からリード脚の接地にかけて、踏切脚膝関節の屈曲が大きかった。同じタイミングで踏切脚股関節の屈曲角度が大きかったことから、S 群では、リード脚接地時に身体に近いところで踏切脚を小さくたたんだような姿勢となっていたと考えられる。一方、踏切脚支持期中盤から離地後まで、S 群のリード脚膝関節角度が小さかった。これによってリード脚全体の慣性モーメントが小さくなるため、素早い振り下ろしを可能にしたと考えられる。
- ⑧ 図 6 は、踏切脚とリード脚における足関節底背屈角度の変化を各群の平均値で示したものである。また、図 7 は踏切脚における足関節底背屈角速度、トルクおよびトルクパワーの変化を各群の平均値で示したものである。S 群は、踏切脚接地後すぐに背屈の角速度が生じるのに対して、N 群では一度底屈角速度が生じてから、背屈角速度に切り替わっていた。これは、N 群では踏切脚を接地する際に踵から接地する動作がみられたためであり、この動作によって足関節の背屈角速度への切り替えが遅れ、ブレーキ局面時間が増加し、より大きく減速したと考えられる。

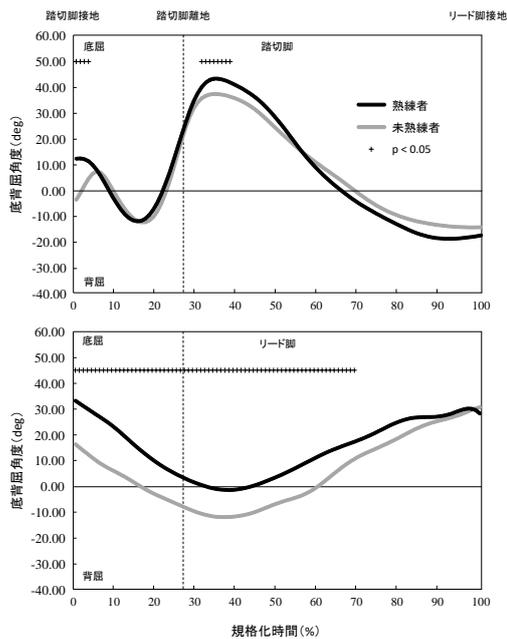


図6 踏切脚(上図)およびリード脚(下図)足関節底背屈角度の変化

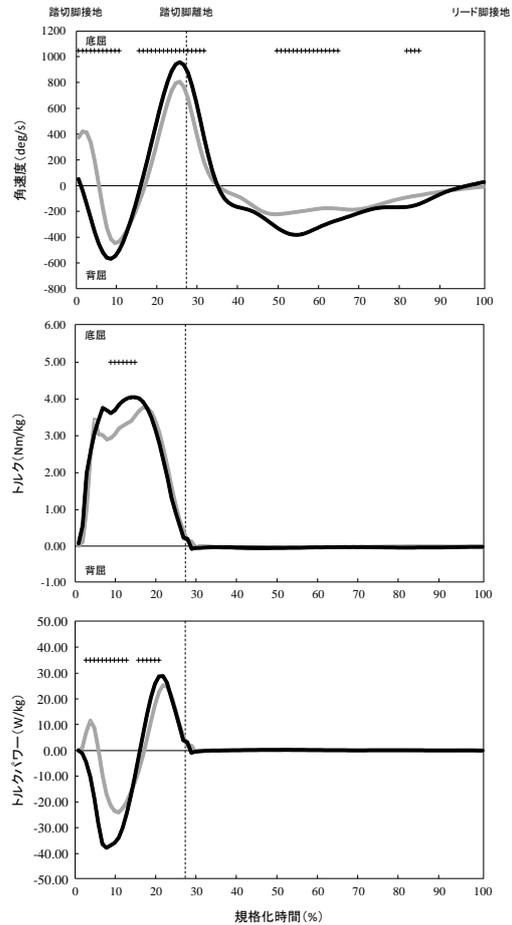


図7 踏切脚足関節における底背屈角速度、関節トルク、トルクパワー

以上の結果をもとに、ハードル走の技術評価のポイントを表 2 にまとめた。指導の際にこの表を用いることによって、ハードル走の技術を適切に評価できると考えられる。

表2 ハードル走における技術評価のポイント

踏切局面	空中局面
大きい疾走速度を獲得し、短い時間でハードリング動作を行っているか	
上ではなく、前方向に踏み切っているか	遠くに跳んでいるか
支持脚が踵から接地していないか	リード脚の接地時に、踏切脚を身体の近くに保つことができているか
支持脚の膝の屈曲伸張が大きくなっていないか	リード脚の接地に向けて素早くリード脚を振り下ろしているか
リード脚の膝関節角度を小さく保ち、素早くリード脚を振り上げているか	

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 1 件)

Kazuhiro Shibayama, Norihisa Fujii, and Michiyoshi Ae (2015) ACUTE EFFECTS OF TRAINING ON HURDLE CONFIGURATION DURING SPRINT HURDLE MOTION. Proceedings of the 34th International Conference on Biomechanics in Sports, 308-311. (査読有)

[学会発表] (計 1 件)

柴山一仁(2018年11月10日)110mハードル走におけるハードル間4歩の支持期に関するバイオメカニクス的研究. 第17回日本陸上競技学会, 桐蔭横浜大学.