

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月 4日現在

機関番号：53301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22700642

研究課題名（和文）疾走能力と片脚交互ジャンプにおける下肢バネ特性および起こし回転運動能力との関係

研究課題名（英文）The relationship between sprinting ability, spring-like behavior of leg and inverted pendulum movement in one-leg alternation jump

研究代表者

岩竹 淳 (IWATAKE JUN)

石川工業高等専門学校・一般教育科・准教授

研究者番号：10342487

研究成果の概要（和文）：本研究は、片脚交互ジャンプを母子球と身体重心とを結んだ逆振り子運動にモデル化し、下肢バネ特性および起こし回転（逆振り子）運動に関して、疾走能力の優劣による比較を行った。その結果、疾走能力が高い被験者には、① 下肢が短時間で力を発揮していた、② 下肢のバネ指標（スティッフネス）が高い、③ 起こし回転の角度が小さい、④ 起こし回転の角速度が高い、ことが認められた。

研究成果の概要（英文）：In this study, the connection between the center of gravity and the ball of the foot seen in alternating one-legged jumping was modeled as an inverted pendulum system. And, spring-like behavior of the leg and inverted pendulum movement were compared by superiority or inferiority of the sprinting ability. The subjects with superior sprinting ability showed the following results. (1) The leg demonstrated power in a shorter duration. (2) The spring index of leg (stiffness) was greater. (3) The range of the inverted pendulum was narrower, and (4) the angular velocity of the inverted pendulum was greater.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：スポーツ科学

キーワード：短距離走、ジャンプ力、体育授業、バウンディング、思春期後期

1. 研究開始当初の背景

ジャンプ力には、片脚または両脚で踏み切るもの、移動する方向が上方または前方のものがある。このうち、片脚交互に前方へ移動するジャンプ力（以下、片脚交互ジャンプ力）

を評価した立五段跳や立三段跳の跳躍記録は、各種のスポーツ競技者に限らず、体育授業に参加する思春期後期年代の非競技者生徒においても、疾走能力との間に高い相関関係を示す。このことから、競技者・非競技者に関係

なく、疾走能力を改善するトレーニング手段のひとつとして、片脚交互ジャンプ力の向上をねらいとしたプライオメトリックトレーニング（以下、プライオメトリックス）の有効性が考えられる。

一方で、片脚交互ジャンプ力の特性を疾走能力の優劣により比較することで、疾走能力の改善に必要な技術的・体力的要因を明らかにできるとも考えられる。しかし、本研究開始当初において、片脚交互ジャンプ力は水平方向への移動距離として評価される場合が多く、片脚交互ジャンプ力のいかなる要因が疾走能力と関係しているのか明らかにされていない。

2. 研究の目的

跳躍運動を反復するプライオメトリックスは、脚が短時間で大きな力を発揮する能力を高め、疾走能力の改善に有効とされている。その中でも、片脚交互ジャンプ（種目名：バウンディング）は、その遂行能力を評価する立五段跳や立三段跳といったコントロールテストの成績が短距離走パフォーマンスと強い関係にあることから、疾走能力の改善に重要な種目と位置付けられる。しかし、コントロールテストの成績は跳躍距離から評価したものであり、片脚交互ジャンプ力のどのような要因が疾走能力に関与するのか、疾走能力の低い生徒の片脚交互ジャンプ力はどのような特性を示し、なぜ疾走能力が高まらないのかは検討されていない。

そこで、本研究では、片脚交互ジャンプが踏切足を支点とした逆振り子運動にモデル化できると考え、下肢バネ特性や起こし回転運動について分析し、疾走能力の優劣により比較を行うことにした。これらの要因と疾走能力との関係を明らかにすることで、疾走能力を改善するプライオメトリックスの指導方法を知る手がかりを得たいと考えた。

3. 研究の方法

(1) 被験者

高等専門学校に在籍する男子学生 16 名（年齢 17.8 ± 1.3 yr, 身長 173.3 ± 4.5 cm および体重 62.6 ± 5.3 kg）とした。

(2) 測定項目

① 疾走能力の評価

被験者には、35 m の助走を付けた後に 10 m の全力疾走を 3 回行わせた。本研究では、35 m および 45 m 地点に光電管（NISHI 製、ジェスタプロ）を設置し、疾走距離を通過時間で除することにより疾走速度を求めた。これらのうち、疾走速度の最大値 (V_{max}) を疾走能力の評価指標とした。本研究では、全被験者の V_{max} の平均値を基準に、疾走能力上位群 8 名 (9.06 ± 0.28 m · s⁻¹) と下位群 8 名 (8.35

± 0.34 m · s⁻¹) に群分けした。

② 片脚交互ジャンプにおける下肢バネ特性および起こし回転運動の評価

体育館フロアに高さ 20 cm × 幅 90 cm × 長さ 200 cm の木製助走路を 8 台並べ、6 台目と 7 台目の間にフォースプレート（KISTLER 製、クワトロジャンプ）を、フォースプレートの側方 5 m の位置にデジタルビデオカメラ（SONY 製、HANDYCAM HDR-CX12）を設置した。

被験者には、最大跳躍距離が得られるように立位姿勢からのバウンディングを行わせ、4 歩目の地面反力を 500 Hz で測定し、踏切動作を 120 fps で撮影した。次に、動作解析ソフト（DKH 製、フレームディアス IV）を用いて身体 23 点をデジタル化し、ローパスフィルター（遮断周波数 6 Hz）でノイズ減衰させて身体重心を算出した。

本研究では、踏切時における母子球と身体重心とを結んだ線分である振り子の脚長 (L) を分析し、接地時から重心最下点までの L の変化量を短縮量 (ΔL)、重心最下点から離地時までの L の変化量を伸張量と定義した。また、最大地面反力 (F_{max}) を ΔL で除することにより stiffness を求め、下肢バネ特性の評価指標とした。

さらに、バウンディング 4 歩目の踏切時における母子球と身体重心とを結んだ線分が地面と成す角を分析し、接地から離地までの範囲を振り子角、その回転速度を振り子角速度と定義した（図 1）。

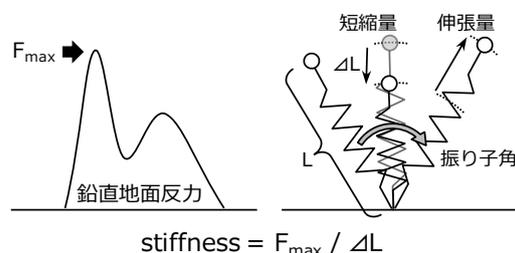


図 1. バネ特性および起こし回転運動の評価

4. 研究成果

図 2. には、片脚交互ジャンプの踏切時間を、図 3. には、その時の F_{max} を疾走能力上位群と下位群とに分けて示した。片脚交互ジャンプの踏切時間は、疾走能力上位群が下位群に比較して有意に短い値を示した ($p < 0.005$)。また、 F_{max} は疾走能力上位群が下位群に比較して有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。

図 4. には、片脚交互ジャンプ踏切時における母子球と身体重心とを結んだ線分である振り子の脚長の短縮量を、図 5. には伸張量を疾走能力上位群と下位群に分けて示した。振り子の脚長の短縮量は、疾走能力上位群が下位群に比較して小さい傾向を示したが、両

群に統計的な有意差は認められなかった。一方、振り子の脚長の伸張量は、疾走能力上位群が下位群に比較して有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。

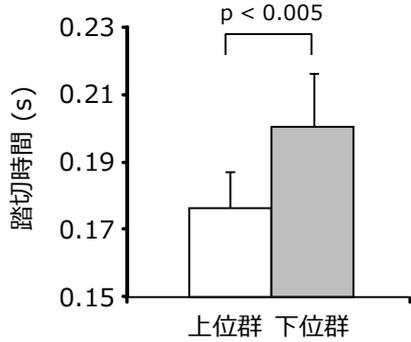


図2. 片脚交互ジャンプの踏切時間の比較

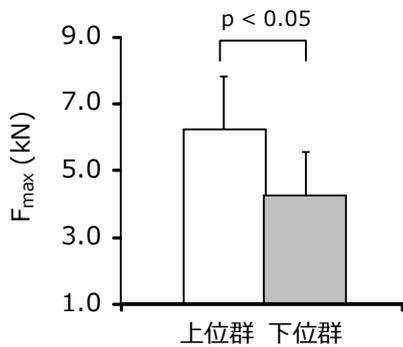


図3. 踏切時の最大地面反力の比較

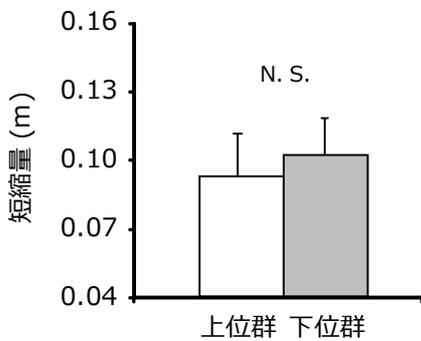


図4. 振り子の脚長の短縮量の比較

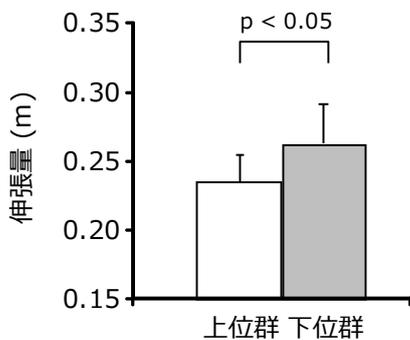


図5. 振り子の脚長の伸張量の比較

図6. には、 F_{max} を振り子の脚長の短縮量で除した stiffness (バネ指標) を疾走能力上位群と下位群に分けて示した。stiffness は、疾走能力上位群が下位群に比較して有意に高い値を示した ($p < 0.01$)。

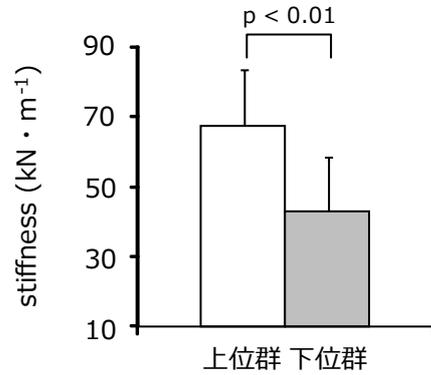


図6. 踏切時の stiffness の比較

図7. には、片脚交互ジャンプにおける接地から離地までの間に、母子球を支点として振り子の脚長が動いた角度 (振り子角) を、図8. には、その時の角速度 (振り子角速度) を疾走能力上位群と下位群に分けて示した。振り子角は、疾走能力上位群が下位群に比較して有意に小さい値を示した ($p < 0.05$)。一方、振り子角速度は、疾走能力上位群が下位群に比較して有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。

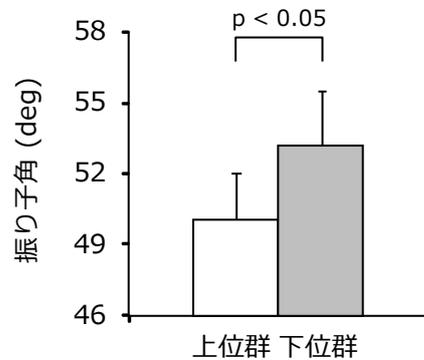


図7. 踏切時の振り子角の比較

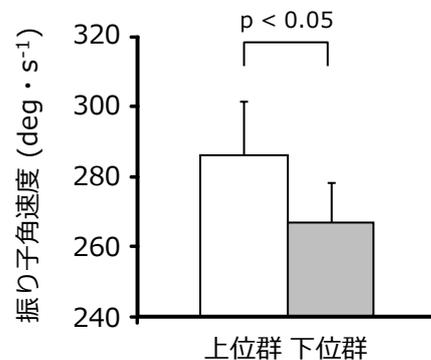


図8. 踏切時の振り子角速度の比較

本研究では、疾走能力と強い関係を示す片脚交互ジャンプ力について、下肢バネ特性と起こし回転運動を疾走能力の優劣により比較検討することで、疾走能力が高い被験者と低い被験者それぞれのジャンプ力特性を明らかにするとともに、疾走能力を改善するプライオメトリックスの方向性について考えることにした。

片脚交互ジャンプにおける下肢バネ特性について見てみると、疾走能力が高い被験者は、短時間で大きな力を発揮し、身体を跳ね返すバネ能力の高いことが明らかにされた。一方、疾走能力が低い被験者は、踏切時間が長く発揮される力が小さいため、身体を跳ね返すバネ能力の低いことが明らかにされた。起こし回転運動について見てみると、疾走能力が高い被験者は、接地から離地までの身体の前方向回転が狭い範囲で素早く行われていることが明らかにされた。一方、疾走能力が低い被験者では接地から離地までの身体の前方向回転が広い範囲で行われ、その速度も遅いことが明らかにされた。

これらのことから、疾走能力が高い被験者は、片脚交互ジャンプにおいて「自重を受け止めて前方へ素早く跳ね返す」ことが出来ており、更に高速で前方へ移動する疾走運動においても、短時間での力発揮を可能として疾走能力を高めていることが考えられる。一方、疾走能力が低い被験者の場合、低速で前方移動する片脚交互ジャンプにおいて前述の力発揮が出来ていないため、より高速で移動する疾走運動における素早い力発揮が困難となり、速く走れない原因の一つになっている可能性が推察される。

この問題点を解決するには、疾走能力の低い者には、ドロップジャンプ等の比較的単純なプライオメトリックスにおいて、短時間で大きな力を発揮する下肢のバネ能力を向上させることが優先課題になる。その後、次第に前方への移動を伴うスキップやバウンディング等で、素早い力発揮を伴う起こし回転運動が可能となるよう、段階的トレーニングプログラムを構築・実践していく必要があると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

① 岩竹 淳, 図子浩二
思春期後期年代にある生徒の疾走能力に対するプライオメトリックトレーニングの有効性, 陸上競技研究, 85: 2 - 11, 2011.

[学会発表] (計4件)

① 岩竹 淳, 北田耕司, 図子浩二

最大疾走能力とバウンディングにおける身体
のばね能力および起こし回転能力との関係,
第9回日本陸上競技学会, 青山学院大学, 2010.

② 岩竹 淳, 北田耕司, 川原繁樹, 図子浩二
逆振り子運動からみたバウンディング遂行能力
の評価法, 平成22年度北陸体育学会, 大学コン
ソーシアム石川, 2011.

③ 岩竹 淳, 北田耕司, 図子浩二
疾走能力の違いからみたバウンディング遂行能
力の比較, 第62回日本体育学会, 鹿屋体育大学,
2011.

④ 岩竹 淳, 北田耕司, 川原繁樹, 図子浩二
バウンディング踏切接地技術と疾走能力との関
係, 平成23年度北陸体育学会, 大学コンソー
シアム石川, 2012.

[図書] (計0件)

[産業財産権] なし

[その他]

① 岩竹 淳, 北田耕司, 川原繁樹, 図子浩二
バウンディング踏切接地技術と疾走能力との関
係, 平成23年度北陸体育学会優秀研究奨励賞
(学会賞) 受賞

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岩竹 淳 (IWATAKE JUN)

石川工業高等専門学校・一般教育科・准教授
研究者番号: 10342487

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

図子 浩二 (ZUSHI KOJI)

筑波大学大学院・人間総合科学研究科・准教授
研究者番号: 70284924

北田 耕司 (KITADA KOJI)

石川工業高等専門学校・一般教育科・准教授
研究者番号: 70280378