

ジュニア男子アスリートを対象としたRebound Long Jump Testと 疾走および水平跳躍能力との関係

藤林 献明¹⁾ 木野村 嘉則²⁾ 関子 浩二³⁾

The Relationship Between Rebound Long Jump Test and Performance of sprint and horizontal jump events.

Nobuaki FUJIBAYASHI Yoshinori KINOMURA Koji ZUSHI

Abstract

The purpose of this study is to examine the optimal measurement condition of Rebound long jump test (RLJ test) and to investigate the relationship between sprinting and horizontal jumping ability. The RLJ test evaluates the ability to perform the ballistic stretch-shortening cycle movement for a high-speed horizontal jump performed by a single leg by using the RLJ index (RLJ-index (m/s) = Jumping distance (JD(m)) / Contact time (CT(s))). The test is composed of two uninterrupted jumps, the falling jump and the propulsive jump. The touchdown velocity of the propulsive jump is able to modulate by changing the distance of the falling jump (DFJ). Eleven male junior-tertiary college track-and-field athletes performed the RLJ test, and the DFJ was set at 1 and 2 m (DFJ1m, DFJ2m, respectively), and jumping distance and contact time were measured for both DFJ. Simultaneously, the 60m-sprint and the ten steps of bounding were conducted. We found that there was a correlation between the RLJ index measured for a DFJ2m and the maximal speed phase of the 60m-sprint and the ten steps of bounding. These results demonstrate the significance of using the RLJ test and RLJ index by using DFJ2m for junior track-and-field athletes to measure the common ability to perform the ballistic stretch-shortening cycle movement in unilateral horizontal jump events.

Key words : Stretch-shortening cycle, Evolution method, Control test, Talent spotting

キーワード : 伸長-短縮サイクル運動, 測定評価法, コントロールテスト, タレント発掘

1. 緒言

スポーツにおける各種の疾走やフットワーク、ジャンプ動作などの大部分は、接地時に伸張された筋-腱複合体を強烈に短縮する伸張-短縮サイクル運動が0.12秒から0.20秒(大宮ほか, 2009; 志賀・尾縣, 2004)の極めて短時間に遂行されている(藤林ほか, 2013; 2014b; 藤林・図子, 2015; 図子・高松, 1996). 運動時間がおよそ0.2秒未満で遂行される運動はバリスティック運動として分類されており, それよりも運動時間が長い運動とは, 神経制御機構や力発揮に関する調節機構が大きく異なることが示されている(Brooks and Thach, 1981; Desmedt and Godaux, 1977; 藤林ほか, 2013; 米田, 1989; 図子ほか, 1993). さらに, スポーツの各種運動では, 運動の方向(前方・側方・後方)が異なると筋が短縮される時間や幅に違いがあること(Meylan et al., 2010), 股関節や膝関節の屈曲角度が異なること(Nagano and Fukashiro, 2007; Fukashiro et al., 2005), 発揮される地面反力の大きさや筋の活動パターン, 下肢関節の貢献率が異なること(荻山・図子, 2014; 木越ほか, 2004; Stefanyshyn and Nigg, 1998; Stephanie and Graham, 2003; 鳥海ほか, 2002; 鳥海ほか, 2004; 志賀・尾縣, 2004; Smith et al., 2010), 動作時の身体各部位の振る舞いが異なることなどが報告されている(荻山ほか, 2012; 荻山・図子2013; 村木, 1996; Zushi et al.,

2005). これらのことは, スポーツにおいて優れたパフォーマンスを発揮するためには, 要求される運動の方向に適合した, バリスティックに遂行される伸張-短縮サイクル運動の遂行能力を高い水準に向上させることの重要性を示すものである(図子ほか, 1993).

スポーツ運動中の移動において高い頻度で利用される, 前方への移動を短時間で遂行する能力を特異的に評価するテスト方法として, リバウンドロングジャンプテスト(Rebound Long Jump Test; 以下, RLJ test)が実施されている(藤林ほか, 2013; 2014b; 藤林・図子; 2015). このテストは, 0.1mの台上を助走した後に片脚で踏切って跳び下りるFalling jumpと, その逆脚で接地し, できるだけ短時間に弾むように踏切って可能な限り遠くまで跳ぶPropulsive jumpの連続した2跳躍で構成される(図1). 主運動となるPropulsive jumpの跳躍距離と接地時間をもとにして, 踏切中において時間あたりに獲得した跳躍距離, すなわち踏切中の平均パワーを意味するリバウンドロングジャンプ指数(Rebound Long Jump index; 以下, RLJ index)を算出し, その値を成績として評価診断を行うものである. また, RLJ testでは1回目のFalling jumpの距離を変化させることで, 続く2回目のPropulsive jumpの際の接地速度(すわち運動エネルギー)を任意に調整することができる. このFalling jumpの距離について, 大学・シニアレベルの熟練競技選手を対象とした際には, Falling jumpの距離を

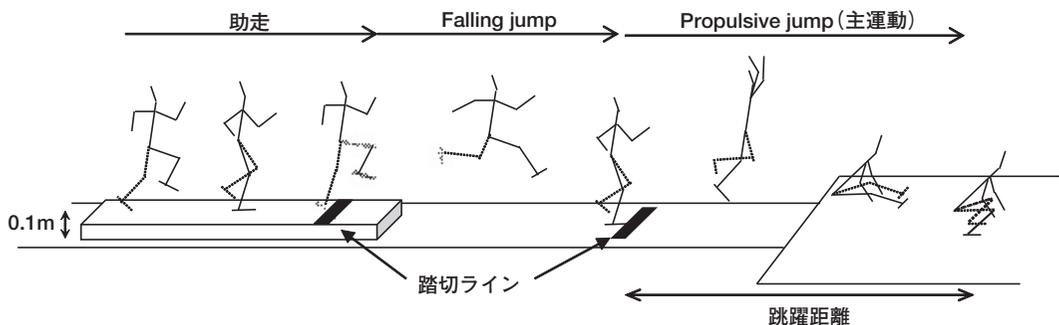


図1. リバウンドロングジャンプテスト (RLJ test)

3 mに設定することで、Propulsive jump の踏切動作や運動特性を、前方へ移動する際に要求されるBSSC能力（以下、前方型BSSC能力）に特異的なものにできることが明らかになっている（藤林ほか，2013；2014b；藤林・図子，2015）。

一方、適切なFalling jumpの距離は、選手の競技レベル、年齢、性別などに応じてかなり異なる可能性が指摘されている（藤林ほか，2013；藤林・図子，2015）。これまでにRLJ testを実施している各種の報告では、発育期を過ぎた、競技レベルに優れた熟練の選手を対象としている（藤林ほか，2013；2014a；2014b；藤林・図子，2015）。適切なFalling jumpの距離を設定できなければ、前方型BSSC能力を適切に評価できないだけでなく、テストの実施者にスポーツ傷害を発生させる要因ともなりかねない。

そこで本研究では、競技者として発達段階にあるジュニア・アスリート対象としたRLJ testの導入方法と有効性について検討することを目的とした。なお、本研究におけるジュニア・アスリートは陸上競技における定義である、高校生および大学1年生（15歳から18歳）とした。具体的な検討内容としては、Falling jumpの距離を変化させたRLJ testを実施して、疾走および跳躍能力との関係を検討することで、ジュニア・アスリートに有効となるRLJ testの測定条件を明らかにする。本研究から得られる知見は、ジュニア・アスリートのタレント発掘やトレーニング実践に有益な知見となり得る。

2. 方法

2-1. 実験対象者

実験対象者は、工業高等専門学校において陸上競技部に所属する男子生徒11名とした（高等学校1～3年生に相当）。対象者の年齢は 16.2 ± 0.8 歳、身長は 1.72 ± 0.45 m、体重は 61.50 ± 3.31 kgであった（平均値 \pm 標準偏差）。研究の実施時には、ヘルシンキ宣言を

順守し、事前に実験の目的や方法、危険性などの説明を十分に行った。また、個人の意思で中止や中断が可能であること、実験施設の接地には細心の注意を払うこと、天候などの危険性が考慮された場合は即座に中断することを伝えた上で、書面による同意を得た。

2-2. 実験試技

RLJ testの実施条件は、先行研究（藤林ほか，2013）の実施方法に基づく0.1mの高さと、1 mおよび2 mのFalling jumpの距離を用いた（図1）。設定したFalling jumpの距離については、競技水準の高いジュニア陸上競技跳躍選手（全国インターハイ出場）を対象とした予備実験の結果から、3 mに設定した時点で踏切動作の大きな変化と恐怖心を覚えたことを確認した。したがって、テストの正確性と安全性を確保するために、1 mと2 mが適切であると判断した。同時に、Falling jump距離を獲得するために必要となる助走距離を調査して、1 mでは助走を用いないその場からの跳躍、2 mでは5歩の助走を10mの距離以内で実施することに設定した。Falling jumpおよびPropulsive jumpの踏切位置には、0.2m幅の2本のラインを設置して、2回の跳躍ともラインを必ず踏むことを成功試技の条件とした。そして、ラインを超えた場合、あるいはラインから大きく後方で踏切った場合には無効試技とした。Propulsive jumpを行う脚は走幅跳の踏切脚とし、Falling jumpはその逆の脚で行わせた。実施の際には、Falling jumpでは成功試技の条件を確実に実施すること、Propulsive jumpでは成功試技の条件に加えて、弾むように短時間で踏切ってできるだけ遠くへ跳躍すること、着地は両足をそろえた状態は両足をそろえた状態で行うことを指示した。実験対象者には事前に数日間に渡って試技を正確に行えるように練習を行わせ、動作が正確に安定してできるようになったことを確認した上で測定を実施した。

疾走能力のテストには60mの全力疾走を用いた。対象者には、前足がスタート地点のラインに触れないように構えたスタンディングスタート姿勢から、任意のタイミングでスタートを行い、ゴールラインまで全力で疾走するように指示した。

水平跳躍能力テストでは、立位姿勢から前方へ両脚交互に連続して10回連続して跳躍する立10段跳（木越ほか，2001；荻山・図子，2014）を実施させた。対象者には、10回の跳躍で最大の跳躍距離を獲得するように指示した。

2-3. 測定項目および算出項目

RLJ testでは、Propulsive jumpの接地足のつま先から、砂場に着地した最も近い部分の痕跡までの直線距離を跳躍距離とし、テープメジャーを用いて測定した。踏切接地から離地までに要した時間を接地時間とし、Optojump System（Microgate社製，1000 Hz）を用いて測定した。測定した跳躍距離（Jumping Distance）と踏切による接地時間（Contact Time）を用いて、Propulsive jumpの踏切において時間当たり獲得した跳躍距離の大きさを意味するRLJ indexを、以下の式を用いて算出した。

$$\text{RLJ index (m/s)} = \frac{\text{Jumping Distance (m)}}{\text{Contact Time (s)}}$$

60mの全力疾走テストでは、前半の30mに要した時間を加速疾走能力、後半の30mに要した時間を最大疾走速度を維持する等速速度能力と定義して、光電管（Brower社製）を用いて計測した。30mの距離設定については、陸上競技の体力評価テストとして広く用いられていることを考慮して設定した（村木，1996）。なお、速度が減速を開始する減速局面は、エネルギー供給系が及ぼす影響が含まれる可能性を考慮して、評価の対象には含めなかった。

立10段跳では、各歩数の跳躍距離を計測して、前半の5歩で獲得した合計跳躍距離を加速跳躍能力、後半の5歩で獲得した合計跳躍距離を等速跳躍能力として評価した。

2-4. 統計処理

統計処理にはSPSS Statistics ver.17.0（SPSS社製）を使用した。相関関係の検定にはPearsonの積率相関係数、Falling jumpの増加にともなうRLJ testの結果に関する平均値の差の検討には対応のあるT-testを用いた。いずれの検定においても、有意水準は5%未満とした。

3. 結果

図2には、加速条件と等速条件における疾走および水平跳躍能力の指標についての相関関係を示した。加速疾走能力の指標とした60m走における前半30mの疾走時間と等速疾走能力の指標とした60m走における後半30mの疾走時間には有意な相関関係が認められなかった。同様に加速跳躍能力の指標とした立10段跳における前半5歩の跳躍距離と等速跳躍能力の指標とした立10段跳における後半5

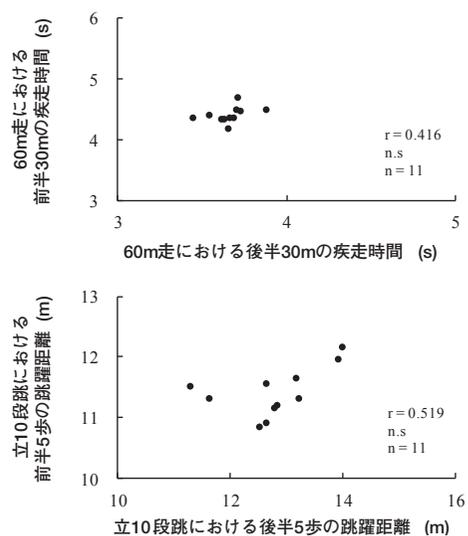


図2. 加速条件および等速条件における疾走と水平跳躍能力相互の相関関係

歩の跳躍距離には有意な相関関係が認められなかった。

図3には、加速条件における疾走能力と水平跳躍能力、等速条件における疾走能力と水平跳躍能力相互の相関関係を示した。加速疾走能力の指標である60m走の前半30mの疾走時間と加速跳躍能力の指標である立10段跳における前半5歩の跳躍距離には、有意な相関関係が認められなかった。一方、等速疾走能力の指標である60m走の後半30mの疾走時間と等速跳躍能力の指標である立10段跳における後半5歩の跳躍距離には、有意な相関関係が認められた。

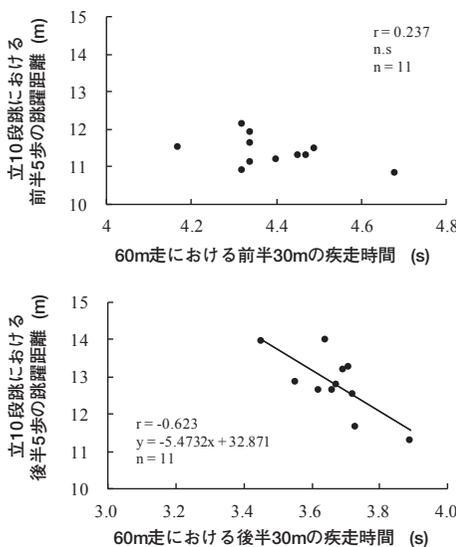


図3. 加速条件と等速条件における疾走および水平跳躍能力の相関関係

表1には、Falling jumpの距離を1mと2mに変化させたRLJ testの評価指標であるRLJ indexとRLJ indexを構成するPropulsive jumpの跳躍距離および接地時間の変化を示した。Falling jumpの距離が1mから2mに増加すると、RLJ indexと跳躍距離は有意に増加して、接地時間が有意に減少することが認められた。なお、Falling jumpの距離が1mの試技における接地時間は 0.285 ± 0.054 sであったことに対して、Falling jumpの距離が2mの試技における接地時間は $0.193 \pm$

表1. 1mと2mのFalling jump距離を用いたRLJ testの成績

テストの成績	Falling jumpの距離	
	1m	2m
RLJ index (m/s)	$7.77 \pm 2.22^*$	$13.15 \pm 2.23^*$
跳躍距離 (m)	$2.21 \pm 0.20^*$	$2.48 \pm 0.22^*$
接地時間 (s)	$0.285 \pm 0.054^*$	$0.193 \pm 0.034^*$

平均値 ± 標準偏差
* : 対応のないT-testにおける有意差 ($p < 0.05$)

0.034sであった（各条件の平均値 ± 標準偏差）。

図4には、Falling jumpの距離を1mと2mに変化させたRLJ testの評価指標であるRLJ indexと加速および等速条件における疾走および水平跳躍能力との相関関係を示した。Falling jumpの距離が1mの条件では、疾走能力および水平跳躍能力の評価指標としたすべての測定項目と有意な相関関係が認められなかった。一方、Falling jumpの距離が2mの条件では、RLJ indexと等速疾走能力の指標とした60m走における後半30mの疾走時間および、等速水平跳躍能力の指標とした立10跳における後半5歩の跳躍距離との間に有意な相関関係が認められた。

4. 考察

4-1. 身体が加速する動作と等速を維持する動作に関するテストの相互関係

本研究では、前方へ身体を移動する能力として、静止状態から加速して疾走もしくは跳躍する能力（加速疾走能力と加速水平跳躍能力）、加速した速度を維持しながら疾走もしくは跳躍する能力（等速疾走能力と等速水平跳躍能力）をパフォーマンスとして定義した。そして、これらの能力を評価するために適したRLJ testの測定条件を明らかにすることを目的とした。上記のパフォーマンスについては、60m走と立10段跳における前半および後半局面の測定値を用いて評価した。

本研究で設定した実験条件が、加速もしくは等速に関する能力の相違を反映できているかについて検証するために、テスト成績相互の相関関係について検討した。その結果、加

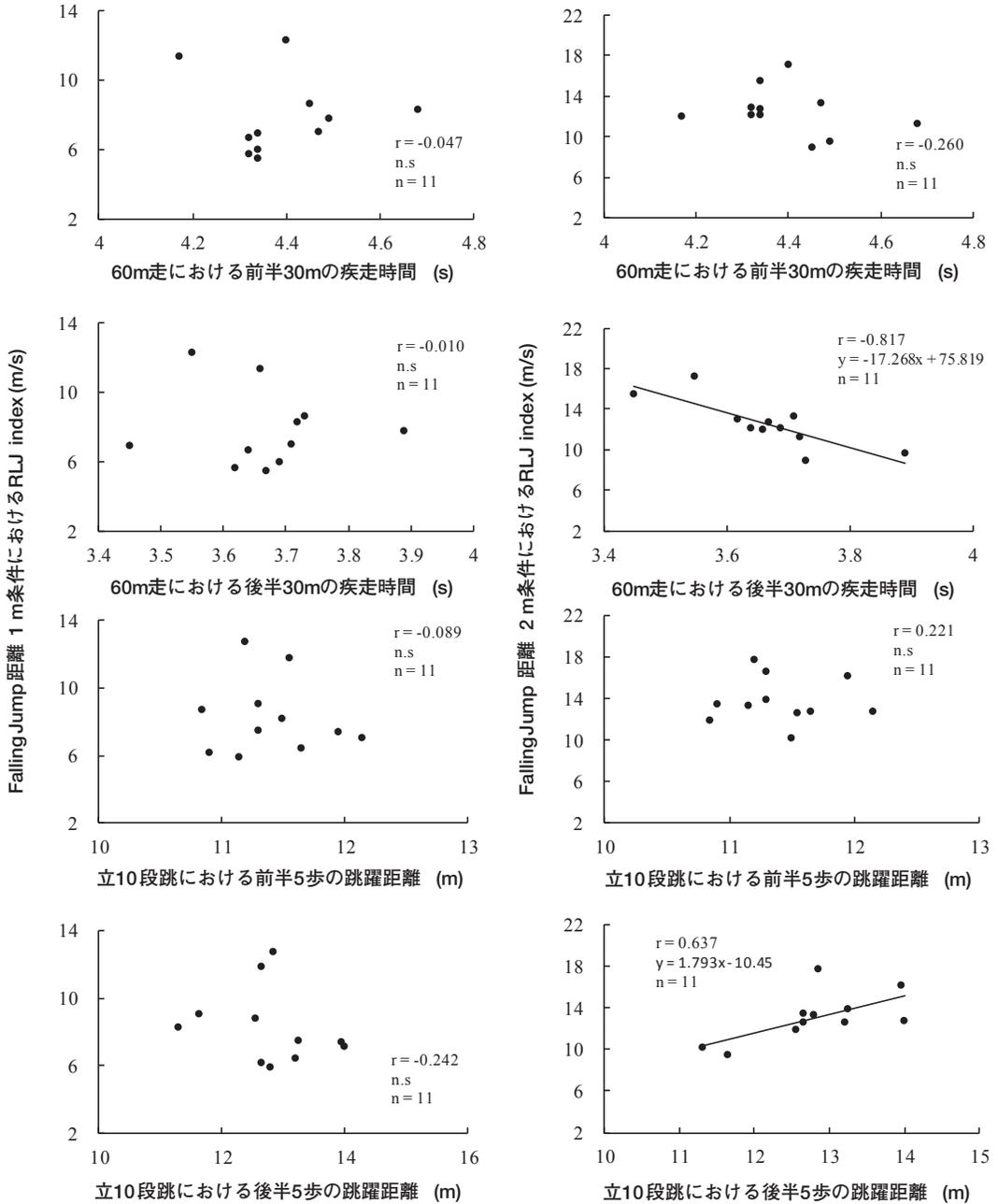


図4. 1mと2mのFalling jump距離条件におけるRLJ indexと疾走および水平跳躍能力の相関関係。

速疾走能力の指標とした60m走における前半30mの疾走時間と等速疾走能力の指標とした後半60m走における30mの疾走時間、加速跳躍能力の指標とした立10段跳における前半5歩の跳躍距離と等速跳躍能力の指標とした立10段跳における後半5歩の跳躍距離には、有

意な相関関係が認められなかった (図2)。疾走動作 (Delecluse, 1997; 永原ほか, 2013) や跳躍動作 (藤林ほか, 2013; 藤林・因子, 2015) に要求されるパワー発揮能力は、静止状態から加速していく局面や速度が最大に達して等速となる局面、速度が減速する局面に

において異なることが報告されている。したがって、ジュニア・アスリートを対象として設定した本研究の測定項目および条件は、加速疾走および跳躍能力と等速疾走および跳躍能力を独立した項目として評価できることが示唆できる。なお、加速疾走能力の指標である60m走の前半30mの疾走時間と加速跳躍能力の指標である立10段跳における前半5歩の跳躍距離には、有意な相関関係が認められなかった(図3)。このことは、同様に静止状態から身体を加速していく動作であっても、疾走動作と跳躍動作では要求される能力が異なる可能性を示している。加速疾走動作と加速水平跳躍動作の接地時間に関する先行研究に着目すると、加速疾走動作では0.12秒程度の短時間で行われていることに対して(小林ほか, 2009)、加速水平跳躍動作では0.20秒前後(藤林ほか, 2013; 藤林・図子, 2015)の時間であることが示されている。概ね0.20秒を基準として(藤林ほか, 2013; 図子ほか, 1993)運動の特徴が変化することを考慮すると、加速疾走動作と加速跳躍動作では異なる能力が要求されることが推察できる。これに対して、等速疾走動作の指標とした60m走後半30mの疾走時間と、等速水平跳躍動作の指標とした後半5歩の跳躍距離には有意な相関関係が認められた。先程と同様に接地時間の情報に着目すると、等速疾走局面での接地時間は概ね0.10秒(豊嶋ほか, 2015)、等速となる水平跳躍における接地時間は0.18秒前後であることが示されている(藤林ほか, 2013; 2014a; 藤林・図子, 2015; 木越ほか, 2001)。したがって、速度が高速になり、等速となる状態で行われる疾走動作と跳躍動作は、要求される能力が類似することが示唆できる。

4-2. Falling jump距離を変化させたRLJ testと疾走および跳躍パフォーマンスとの関係

Falling jumpの距離を変化させたRLJ testの結果の変化に着目すると、Falling jumpの

距離が増加することにもない、跳躍距離は有意に増加して、接地時間が短縮した。そして、両者をもとに算出されるRLJ indexが有意に増加することが認められた(表1)。なお、Falling jumpの距離が1mの試技における接地時間は 0.285 ± 0.054 秒であったことに対して、Falling jumpの距離が2mの試技における接地時間は 0.193 ± 0.034 秒であった。したがって、ジュニア・アスリートを対象とした際には、Falling jumpの距離が2mとなった時点で、バリスティック運動の1つの基準である0.2秒未満の条件を満たすことが明らかになった。この傾向は、大学・シニアレベルのアスリートにおけるRLJ testの結果と一致していた(藤林ほか, 2013; 2014a; 藤林・図子, 2015)。しかし、大学・シニアレベルのアスリートを対象とした際には、2mの条件では身体が受け止める運動エネルギーが小さいことから、踏切時に発揮する力の大きさが、実際の競技時のものより小さくなることが報告されている(藤林ほか, 2013; 2014a; 藤林・図子, 2015)。本研究のジュニア・アスリートを対象とした際には、Falling jumpの距離が3mとなった時点で試技の遂行が困難となった。一方、大学・シニアレベルのアスリートでは、Falling jumpの距離が4mとなった時点で試技の遂行が困難となったことが示されている(藤林ほか, 2013)。本研究では、踏切時の力発揮の大きさを測定していないことから推察の域を出ないが、ジュニア・アスリートとシニア・アスリートの相対的な相違を考慮すると、Falling jumpの距離が2mの試技では身体が受け止める運動エネルギーもジュニア・アスリートに対して適切であると言える可能性がある。ジュニア・アスリートにおけるFalling jump距離の増加にともなう力発揮の変化については、今後詳細に検討する課題であると言える。

Falling jumpの距離が2mの条件がジュニア・アスリートに対して適切である仮説に基づき、RLJ indexと疾走および水平跳躍能力

との関係に着目すると、Falling jumpの距離が2mの条件では、RLJ indexと等速疾走能力の指標とした60m走における後半30mの疾走時間および等速水平跳躍能力の指標とした立10跳における後半5歩の跳躍距離との間に有意な相関関係が認められた(図4)。したがって、Falling jumpの距離を2mに設定したRLJ testは、速度が最大に高められた状態で、速度を維持しながら効率的運動する能力を評価できると言える。これに対して、Falling jumpの距離が1mの条件では、疾走能力および水平跳躍能力の評価指標としたすべての測定項目と有意な相関関係が認められなかった。以上のことから、競技者として発達段階にあるジュニア・アスリートを対象とした際には、Falling jumpの距離を2mに設定したRLJ testが短時間で力発揮が要求される前方型BSSC能力を評価するために適切であることが示唆できる。

一方、Falling jumpの距離を1mに設定したRLJ testは、踏切中に身体を加速させる水平跳躍動作である(藤林ほか, 2013; 2014a: 藤林・図子, 2015)にも関わらず、加速疾走能力や加速水平跳躍能力と有意な相関関係が認められなかった。加速疾走能力との相違については、60mにおける前半30mの疾走時間と立10段跳における前半5歩の跳躍距離の相違と同様に、疾走動作と跳躍動作に相違があることが推察できる。しかし、同様の加速水平跳躍動作であるFalling jumpの距離を1mに設定したRLJ testと立10段跳における前半5歩の跳躍距離との間にも有意な相関関係が認められなかった。このことを考慮すると、Falling jumpの距離を1mに設定したRLJ testでは接地時間が長くなりすぎている可能性がある。本研究の対象者は、0.5m間隔でFalling jumpの距離を調整することが困難な選手が多数存在したことから、1m間隔でFalling jumpの距離を変化させたが、事前の練習時間を増加させることや測定条件を緩和することで、Falling jumpの距離を1.5mに設

定することができれば、実践的な加速水平跳躍能力を反映したテストになる可能性がある。このようなより詳細なレベルでのRLJ testの測定条件についても、今後の追加検討が求められる。

5. 結論

本研究の結果から、水平方向へのバリスティックな伸長-短縮サイクル運動の遂行能力を専門的に評価するRLJ testを、発達段階にあるジュニア・アスリートを対象として導入するためには、台から跳び下りて着地するまでの距離を2mに設定することが有効となる。この条件で実施するRLJ testでは、特に速度が最大に高まった状態で運動を実施する際の能力を評価することができる。これらの知見は、ジュニア・アスリートのタレント発掘やトレーニング実践に応用できるとなると考えられる。

引用文献

- Brooks, V.B. and Thach, W.T. (1981) Cerebellar control of posture and movement. In: Brooks, V.B. Handbook of physiology. The nervous system: American Physiological Society: Bethesda, pp. 889-891.
- Delecluse, C. (1997) Influence of strength training on sprint running performance. Current findings and implications for training. Sports Medicine, 24: 147-156
- Desmedt, J.E. and Godaux, E. (1977) Ballistic control in man: Characteristic recruitment pattern of single motor unit of tibialis anterior muscles. The Journal of Physiology, 264: 673-639.
- 藤林献明・荻山靖・木野村嘉則・図子浩二 (2013) 水平片脚跳躍を用いたバリスティックな伸張-短縮サイクル運動の遂行能力と各種跳躍パフォーマンスとの関係. 体育学研究, 58: 61-76.
- 藤林献明・図子浩二 (2014a) リバウンドロングジャンプテストの遂行能力からみた水平片脚

- 跳躍において高い接地速度に対応するための踏切動作. 陸上競技学会誌, 12: 33-44.
- 藤林献明・坂口将太・荻山靖・関子浩二 (2014b) リバウンドロングジャンプ指数の優劣を決定する踏切局面の技術的要因. 体育学研究, 59: 175-188.
- 藤林献明・関子浩二 (2015) リバウンドロングジャンプテストを用いた水平跳躍能力の評価と技術トレーニングへの応用. 陸上競技研究, 100: 4-14.
- Fukashiro, S., Besier, T. F., Barrett, R., Cochrane, J., Nagano, A. and Lloyd, D. G. (2005) Direction control in standing horizontal and vertical jumps. *International Journal of Sport and Health Science*, 3: 272-279.
- 荻山靖・関子浩二 (2014) 跳躍方向の異なるバウンディングにおける踏切脚の力発揮特性. 体育学研究, 59: 397-411.
- 荻山靖・遠藤俊典・藤井宏明・森健一・尾縣貢・関子浩二 (2012) 片脚踏切を用いたリバウンド型ジャンプの動作および力発揮特性: 両脚踏切を用いたリバウンドジャンプと比較して. 体育学研究, 57: 143-158.
- 荻山靖・関子浩二 (2013) 陸上競技跳躍種目のパフォーマンス向上に対するバウンディングとリバウンドジャンプの用い方に関するトレーニング学的研究. トレーニング科学, 25: 41-51.
- 荻山靖・関子浩二 (2014) 跳躍方向の異なるバウンディングにおける踏切脚の力発揮特性. 体育学研究, 59: 397-411.
- 木越清信・田内健二・尾縣貢 (2001) 特異的な筋力および筋パワートレーニング手段としての立ち五段跳および立ち十段跳の有効性. 陸上競技研究, 4: 13-18.
- 木越清信・岩井浩一・島田一志・尾縣貢 (2004) ドロップジャンプにおける姿勢が下肢関節 Kinetics およびジャンプパフォーマンスに及ぼす影響. 体育学研究, 49: 435-445.
- 小林海・土江寛裕・松尾彰文・彼末一之・磯繁雄・矢内利政・金久博昭・福永哲夫・川上泰雄 (2009) スプリント走の加速局面における一流短距離選手のキネティクスに関する研究. スポーツ科学研究, 6: 119-130.
- Meylan, C. M. P., Nosaka, K., Jonathan, P. G. and John, B. C. (2010) Variability and influence of eccentric kinematics on unilateral vertical, horizontal, and lateral countermovement jump performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24: 840-845.
- 村木征人 (1996) 陸上競技指導教本一種目別実技編一. 日本陸上競技連盟編. 大修館書店: 東京, pp. 169-186.
- 永原隆・宮代賢治・関子浩二 (2013) 女子短距離走選手を対象とした足底屈パワーテストと疾走能力の関係. スポーツパフォーマンス研究, 5: 279-294.
- Nagano, A. and Fukashiro, S. (2000) Biomechanical comparison of the role of bi-articular rectus femoris in standing broad jump and vertical jump. *Japanese Journal of Biomechanics in Sports & Exercise*, 4: 8-15.
- 志賀充・尾縣貢 (2004) 走幅跳競技者の下肢筋力と踏切中のキネマティクスおよびキネティクスの関係-膝関節と股関節に着目して-. 体力科学, 53: 157; 166.
- Smith, J. P., Kernozek, T. W., Kline, D. E. and Wright, G. A. (2010) Kinematic and kinetic variations among three depth jump condition in male NCAA division III athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25: 94-102.
- Stefanyshyn, D. J. and Nigg, B. M. (1998) Contribution of the lower extremity joints to, mechanical energy in running vertical jump and running long jump. *Journal of Sports Sciences*, 16: 177-186.
- Stephanie, L. J. and Graham, E. C. (2003) Mono- and Biarticular Muscle Activity During Jumping in Different Directions. *Journal of Applied Biomechanics*, 19: 205-222.
- 島海清司・大島徹・熊本水頼 (2002) 関節トルクからみたヒトの跳躍方向の調整. バイオメカニズム, 16: 243-252.
- 島海清司・天野義裕・寺澤健次 (2004) 立幅跳び踏切時における各関節でのパワー発揮の特徴: 垂直跳びとの比較から. 中京大学体育学論

- 叢, 30: 23-33.
- 豊嶋陵司・田内健二・遠藤俊典・磯繁雄・桜井伸二 (2015) スプリント走におけるピッチおよびストライドの個人内変動に影響を与えるバイオメカニクスの要因. 体育学研究, 60: 197-208.
- 米田継武 (1989) すばやい力発揮の制御. Japanese Journal of Sports Sciences, 10: 657-662.
- 図子浩二・高松薫・古藤高良 (1993) 各種スポーツ選手における下肢の筋力およびパワー発揮に関する特性. 体育学研究, 38: 265-278.
- 図子浩二・高松薫 (1996) リバウンドジャンプテストにおける着地動作の違いが踏切パワーに及ぼす影響—膝関節角度に着目して—. 体力科学, 45: 209-218.
- Zushi, K., Ishii, Y. and Elliott, B. (2005) Changes on Spring-Like Behavior According to different Touchdown Velocities Drop long Jump. Proceedings of the XIXth Congress of the International Society of Biomechanics, Cleveland, USA: 932.