

## リバウンドジャンプ・コンビネーション指導プログラムの有効性

## Efficacy of the Program for Teaching Method of Rebound Jump Combination

志方 亮一\* 筒井 茂喜\*\* 小田 俊明\*\*\*  
SHIKATA Ryouichi TSUTSUI Shigeki ODA Toshiaki

本研究の目的は、リバウンドジャンプ・コンビネーション指導プログラムを作成し、その有効性を検討することである。すなわち、リバウンドジャンプ・コンビネーションにおける熟練者と非熟練者の差異をもとにリバウンドジャンプ・コンビネーションの技術習得のための指導プログラムを作成し、非熟練者の一般男子学生5名に適用し、リバウンドジャンプ・コンビネーションの動作と短距離走疾走動作のプログラム前後の比較からその有効性を検討した。その結果、いずれの被験者もリバウンドジャンプにおけるRJindexが増大し、リバウンドジャンプおよびリバウンドジャンプ・コンビネーションの接地時間が短縮した。また、短距離走疾走動作ではいずれの被験者も、支持脚が接地した時に遊脚の膝の角度が小さくなるとともに、太腿がより前方に位置するようになり、疾走速度が向上した。

キーワード：短距離走, スプリント技術, リバウンドジャンプ・コンビネーション, 下肢動作

## I はじめに

小, 中, 高校生における50m走のタイムは, 昭和60年頃をピークに下降または横ばい状態が続いており(スポーツ庁, 2017), 50m走のタイム向上は喫緊の教育課題となっている。現在, 疾走速度の向上の技術習得のための練習方法として, 例えば, 素早い脚の入れ替え動作や身体全体の軸<sup>注1)</sup>をつくるために曾輪(2012)はハードルを用いた練習法を, また, 地面にまっすぐ力を加えるための脚の踏みつけ動作を身につけるための練習方法として, 中村(2011)は高さの低いハードルを用いたものを紹介している。加えて, SSC運動能力と疾走能力との間に相関関係を示すことが報告(岩竹ら, 2002)されており, スプリントドリルにおいてSSC運動<sup>注2)</sup>であるリバウンドジャンプ(以下, RJと表記する)が広く活用されている。しかし, これまでに述べた練習方法をどのような順に指導すれば最も効果的にスプリント技術を向上させることができるのか, またそれぞれの練習法の具体的な指導方法については明らかにされていない点が多く, 十分な科学的知見も得られていない状況にある。川本(2008)は短距離走における基本的なスプリント技術として「軸をつくる」, 「地面にまっすぐ力を加える」, 「脚を同時に入れ替える」を挙げており, 実践の場では, これらの動作を協応させるトレーニングのひとつとしてリバウンドジャンプ・コンビネーション(以下, RJ-Combとする)が活用されている。志方ら(2018)は, RJ-Comb指導法作成のための基礎的な知見を得ることを目的にRJ-Combの熟練者と非熟練者の下肢動作の差異を報告した。しかしながら, それをもとにした指導プログラムの作成およびその有効性の検証には至っていない。そこで本研究では, 志方ら(2018)の報告したRJ-Combにおける熟練者と非熟練者の動作の差異をもとに, RJ-Combの指導プログラムを作成し, その有効性を検

討することを目的とした。そのために, まず非熟練者の各運動局面における動作改善の観点とプログラム作成の観点を導出し, 次に指導方法を考案, RJ-Comb指導プログラムを作成した。そして作成した指導プログラムを一般男子学生に適用し, 指導プログラムの実施前後のRJとRJ-Combの動作, および短距離走の疾走動作の観点からその有効性を検討することとした。

## II 方法

### 1. RJ-Comb 指導プログラムの作成

志方ら(2018)は, RJ-Combの熟練者と非熟練者の動作の差異を検討した結果, 非熟練者の動作は熟練者に比べて次の点において違いがみられた。「接地局面および空中局面における挙上脚の上げ下げのタイミングが遅い」, 「接地局面において左右の脚で着地のタイミングにズレがある」, 「空中局面において挙上脚の膝を高くあげ, 膝の角度が小さい」, 「空中局面において身体全体の軸が不安定である」。

以上の差異から指導プログラム作成の観点を導出, 指導方法および指導順を検討し, 指導プログラムを作成することとした。

#### (1) 指導プログラム作成の観点および内容

表1は, 熟練者と非熟練者の動作の比較とプログラム作成の観点を示したものである。

非熟練者は空中局面および接地局面で上体が傾くなど身体全体の軸が不安定である。非熟練者は力をかける量, 力をかける方向, 身体の力を入れる部位が不適切であるために身体全体の軸が不安定になると考えられるので, これらを動作改善の観点とし, 「身体全体の軸をつくること」をプログラム作成の観点の一つめとした。

また, 非熟練者は空中局面において挙上脚の膝が高く, 膝の角度が小さくなり, 挙上の動作が大きい。このよう

\*兵庫県立星陵高等学校 \*\*兵庫教育大学大学院教育実践高度化専攻小学校教員養成特別コース 准教授

平成30年7月3日受理

\*\*\*兵庫教育大学大学院教科教育実践開発専攻生活・健康・情報系教育コース 准教授

表1. 熟練者と非熟練者の動作の比較とプログラム作成の観点

運動局面	熟練者群と非熟練者群の動作の差異		動作改善の観点	プログラム作成の観点
	熟練者群	非熟練者群		
空中局面 接地局面	軸が安定している	軸が不安定 (軸が傾く)	力をかける量 力をかける方向 身体の力を入れる部位	身体全体の軸をつくること
空中局面	挙上脚の挙上が適度	挙上脚の挙上動作が大きい (膝が高く、膝の角度が小さい)	力をかける量 力をかける方向	まっすぐ踏み込むこと
空中局面 接地局面	挙上脚を上げ下げする タイミングが早い	挙上脚を上げ下げする タイミングが遅い	動作のタイミング	脚を同時に入れ替えること
接地局面	脚の着地の左右差が小さい	脚の着地の左右差が大きい (ずれて着地)	力をかける方向	

に動作が大きくなることで筋を不必要に長く緊張させてしまい、次の動作が遅れることで接地時に効果的な方向に力をかけることができなくなる可能性がある。そこで「力をかける量」、「力をかける方向」を動作改善の観点とし、「まっすぐ踏み込むこと」をプログラム作成の観点の二つめとした。

さらに、非熟練者は熟練者に比べて挙上脚を上げ下げするタイミングが遅く、左右の脚がずれて着地している。これは左右の脚の入れ替えのタイミングが適切でないと考えられるので、「動作のタイミング」と「力をかける方向」を動作改善の観点とし、「脚を同時に入れ替えること」をプログラム作成の観点の三つめとした。

これらに加え、RJ-Combの動作をスプリント動作につなげることができるように、「RJ-Combのスプリントへの活用」を追加した。

次に、以上の観点をもとに指導内容および指導順について検討した。「身体全体の軸をつくること」においては、非熟練者の解決する動作の課題は軸が不安定なことである。軸が不安定なのは、片脚の離地、片脚の接地では支持基底面が狭いためであり、支持基底面の広い両脚で離地、接地する運動が適していると考えられる。また、接地した際には接地時間を短くする動作が求められることからSSCを利用した運動が有効と推察される。以上のことから、RJからの指導が適していると考えられた。

プログラム作成の観点の「まっすぐ踏み込むこと」においては、非熟練者の解決する動作の課題は挙上脚の挙上動作が大きいことである。これは、挙上に関わる筋肉が弛緩すべきタイミングにおいても緊張し続けているために、挙上脚の膝が高くなり、その結果、膝の角度が小さくなったことによると考えられる。したがって、支持脚を踏み込んだ後にもう一方の挙上脚の筋肉を弛緩させる動作を身につけることに適したスキップ動作を行うこととした。

「脚を同時に入れ替えること」においては、非熟練者の解決する動作の課題は、挙上脚を上げ下げするタイミングが遅い、脚の着地の左右差が大きいことである。挙上脚を上げ下げするタイミングが遅いのは、過度な挙上動作によると考えられる。また、過度の挙上動作が挙上

脚を下げるタイミングを遅らせ、その結果、支持脚が着地した時に挙上脚がまだ接地する位置に下ろされていない動きにつながると考えられる。これらについても踏み込み動作後の挙上脚の筋肉を弛緩するタイミングを身につける必要があるため、スキップ動作から挙上脚を挙上後すぐに脱力するスキップ動作へ移行する指導を行うこととした。

前述したスキップ動作による挙上脚の筋肉を弛緩するタイミングが身についてきた段階で、それまで身につけた「身体全体の軸を安定させる動作」「重心の下にまっすぐ踏み込む動作」「接地時に左右脚を同時に入れ替える動作」を協応させる指導を行う。スキップ動作の接地において、滞空時間を保ちつつ接地のリズムを早くしていくことで脚の入れ替えを早くし、次第に同時着地に近づけることでRJ-Combの動作を身につける。さらに、RJ-Combを前に進みながら行い、片脚接地に変化させることでスプリントに移行していくこととした。

また、これらの指導順については、まず、「身体全体の軸をつくること」から行うこととした。それは、疾走速度をより高めるためには、鉛直方向の大きな力を発揮する能力が必要であり(土江, 2004)、「身体全体の軸をつくること」は地面から反発力を得て重心の水平移動にロスなく力を伝えるために欠かすことができない動作で、疾走動作の最も基本に位置すると考えられたためである。そして、地面からの反発力を強くするためには、重心からの垂線方向に踏み込む動作を行う必要があるため、次に「まっすぐに踏み込むこと」を指導し、最後に「脚を同時に入れ替えること」を指導することとした。

## (2) RJ-Comb 指導プログラム

表2は、これまで述べたことに、学習内容に対応した指導者の言語教示を加えて作成したRJ-Comb指導プログラムである。

### ①身体全体の軸をつくる

身体全体の軸をつくるために、RJで軸をつくる学習を行う。膝をやわらかく使ったジャンプではなく、接地後すぐに地面に脚を突っ張るように意識することで接地時間を短くし、弾くようなジャンプができるようにする。また、二人組でのRJを行うことで空中局面で下降する

表2. RJ-Comb 指導プログラム

動作改善の観点	プログラム作成の観点	学習内容	指導者の言語指示
身体全体の軸をつくる 力を入れる方向	両脚踏切	<ul style="list-style-type: none"> <li>各関節の動作を適正化し、接地時間を短くするためにRJを行う。</li> <li>接地時間が短くなるような足関節の角度を身につけるためにRJを行う。</li> <li>空中でリラックスするよう意識してRJを行う。</li> </ul>	上から下へ落ちる時に下に突っばねるように。 『軟らかいバネ』ではなく『硬いバネ』で、 地面に長くならないで、 空中は軟らかく、接地は瞬間的に硬く。 踵の高さは1cm。(イメージ) 反発を感じる足首の角度、締め具合を覚えて。 空中は接地の準備。 接地のタイミングを探る。
		<ul style="list-style-type: none"> <li>反発力を得ることができる姿勢を身につけるために、RJの下降時にパートナーに肩を下に押ししてもらいRJを行う。</li> </ul>	丹田を中心に、3点の位置関係を体全体で覚えよう。 背骨がまっすぐ支えている感じに気づいて、 視線が少し下がるだけでも反発が落ちる。走る時も同じ。 硬いボールが着地でたわんでから弾むように。
	片脚踏切	<ul style="list-style-type: none"> <li>踏切方向と姿勢を安定させて片脚でも安定した軸をつくることができるように、両脚のRJと片脚のRJを織り交ぜて行う。</li> </ul>	膝は引き上げるのではなく、緩める感じで、 力を入れる時に身体をしめて、 力を感じる時間と場所と方向に違いがないように姿勢を確認して。
		<ul style="list-style-type: none"> <li>踏み切る方向をコントロールすることを身につけるために、着地点を予想しながら前に進むRJを行う。</li> </ul>	反発の解放の方向を真上から斜め上(前)にする感じで、 動作はその場で行うRJと全く一緒。 膝で後ろに蹴らないように。 前へ進むことを急がない。 一歩が大きくならないように。 足が着地点に行くのではなく、腰が着地点の上に移動する感じで。
動作のタイミング 力がかかる方向	まっすぐに踏み込む	<ul style="list-style-type: none"> <li>まっすぐな踏み込みを強調してゆっくりスキップを行う。</li> <li>支持脚の踏み込みによる跳躍を強調してゆっくりスキップを行う。</li> <li>手と脚の動作を協応させ、踏み込みのタイミングを強調してスキップを行う。</li> <li>拳上脚を上げすぎず、空中局面でリラックスした状態からまっすぐ踏み込む動作を身につけるためにゆっくりスキップを行う。</li> </ul>	空中では大きく、おおらかに、接地は速く鋭く。 足首を固めてしっかり支持脚を突こう。 腕で体を上に持たせていく。 肘でタイミングをとって、 空中ではリラックスして、脚を踏み込む準備を、 膝で靴を上からまっすぐ押すように。 拳上脚は入れ替えにより自然に上に上がる感じで、 拳上脚の膝は弾むように上へ。 膝を自分で引き上げないように。 踏んだ上に乗り込もう。 脚を下しながら次に上に吸い込まれる(跳ぶ)ところを意識して、 体がこれから移動する場所の線(軌跡)をイメージして。
	同時に脚を入れ替える	<ul style="list-style-type: none"> <li>スキップにおいて強い反発力を得ることができる姿勢を身につけるために、リズムを早めていくスキップを行う。</li> <li>拳上脚の膝を下す踏み込み動作によって、脚の同時入れ替え動作を身につけるために、リズムを早めていくスキップを行う。</li> <li>左右のリズムに差がないようにスキップを早めていき、左右の脚の協応を身につけるために、リズムを早めていくスキップを行う。</li> </ul>	頭、腰、接地点の3点を意識して、 膝は上げない、膝を下に突いて、 脚を突いたら反対の膝が反動で上がる感じ。 空中はリラックス、突いた後にリラックス。 接地の「タ・ターン」の「タ・タ」を早くしていく。 「タ・ターン」から「タターン」、「タ(タ)ーン」、「ター」に。
		<ul style="list-style-type: none"> <li>接地と脚の入れ替えを早くする動作を身につけるために、滞空時間を長く保ちながら接地のリズムを早くしていくスキップを行う。</li> <li>RJ-Combのリズムを身につけるために、脚の入れ替えを早くしていくスキップを行う。</li> </ul>	接地を巻き舌のように弾いて。 接地した瞬間に拳上脚が弾き終わっている感じで、 弾き終わると空中でフワット。
身体全体の力を入れる方向 部位	RJ-Combのスパリットへの活用	<ul style="list-style-type: none"> <li>リラックスした空中動作から、まっすぐ踏み込む動作を身につけるために、支持脚を意識したRJ-Combを行う。</li> </ul>	まっすぐ膝で下に突く。 足首の締めでコントロール。
		<ul style="list-style-type: none"> <li>着地点を予想し踏み切る方向をコントロールすることを身につけるために、前に進みながらRJ-Combを行う。</li> </ul>	入れ替わる位置が身体から遠ざかり、それを重心が追いかけるように、 重心が前に引っ張られるように、吸い込まれるように。 ハムストリングスの上部で入れ替えて。
		<ul style="list-style-type: none"> <li>脚を踏み込む際に次の拳上脚を拳上するタイミングを早めていき、片脚踏地で行うRJ-Comb動作を行う。</li> </ul>	ハネが早くなって空中で入れ替えるような感じで、 突いたときには膝が上がり切っているように。 膝の最高点と反対脚の踵の最低点が同時に現れるように。 入れ替えを股関節に近い所でコントロールしていくように。

時に背後からパートナーに肩を下に押ししてもらい、反発力を得ることができる姿勢と得ることのできない姿勢の接地感覚の差を感じ取り、反発力を得ることができる姿勢保持の力を身につけていく。

続いて両脚のRJと片脚のRJを織り交ぜて行い、片脚踏切でも軸をつくり接地時間が短い動作を身につける学習を行う。さらに前に進みながらRJを行い、踏み切り時に着地位置を予想することで重心の水平方向の移動を意識させ、踏み切る方向および踏み切る力の程度をコントロールする学習を行う。

②まっすぐに踏み込む

まっすぐ踏み込むために、ゆっくりスキップを行う。空中局面ではリラックスし、踏み込む準備を早く整える。ゆっくりとしたリズムでリラックスすることにより不必要な筋の緊張を抑制する。接地時には手と脚の動作を協応させることで脚をまっすぐに踏み込むことを強調する。また、空中局面でリラックスするために踏み込むことを強調し、脚の拳上にあまり力を入れないようにする。そ

して脚を踏み込みながら腰が前に進む感覚を覚える。

③同時に脚を入れ替える

ゆっくりとしたスキップを行う段階で脚を同時に入れ替えることを意識する。脚を踏み込むことによって反対の脚が自然に拳上するように左右の脚を協応させ、脚の拳上にあまり力を入れないようにする。次第にスキップのリズムを早くしていき、リズムが変化しても脚の踏み込みによって反対の脚が拳上するようにし、脚の同時入れ替え動作を身につける学習を行う。リズムが早くなっても滞空時間は長く保つようにし、スキップの連続する同一脚の接地の間隔を短くしていき、踏み込んだ脚の接地と拳上脚の拳上のタイミングを合わせることでRJ-Combの動作に移行していく。

④RJ-Comb からスプリントへの移行

RJ-Combをスプリントへ移行するために、まっすぐ踏み込む動作を強調し前に進みながらRJ-Combを行う。踏み切り時に着地位置を予想することで重心の水平方向の移動を意識し、踏み切る方向をコントロールする力を

身につける。次第に挙上脚を挙上するタイミングを早めていき、空中局面で脚の入れ替えを行うようにすることでスプリントに移行していく。

## 2. 学習成果の測定

学習成果は、指導プログラム前後における RJ と RJ-Comb の動作および短距離走疾走動作の観点から行った。

### (1) 被験者ならびに指導者

被験者は、RJ-Comb の非熟練者である一般男子 5 名 (年齢  $23.6 \pm 1.9$  歳, 身長  $169.9 \pm 4.5$  cm, 体重  $59.1 \pm 3.6$  kg) である。なお、すべての被験者には本実験の趣旨、内容ならびに危険性についてあらかじめ説明し、測定途中でも被験者の意思で測定を中止できることを確認した上で、参加の同意を得て実施した。

プログラムの指導は、陸上競技が専門の高等学校保健体育科男性教諭 (教諭歴 22 年) が行った。プログラムに要した時間は 1 時間程度であった。

### (2) RJ および RJ-Comb の動作の測定

#### ① 測定項目

図 1 は、RJ および RJ-Comb の動作における測定箇所を示したものである。

測定箇所は、股関節、膝関節、足関節の角度である。被験者の肩峰、大転子、大腿骨外側上顆、外踝、第五趾中足骨頭外側の左右合計 10 点に反射マーカーを貼り付け、動作を光学式モーションキャプチャー (ナックイメージテクノロジー社製) で 100 コマ/秒で撮影し、パーソナルコンピューターに取り込んだ。また、各動作の床反力の垂直方向の力をフォースプレート (KISTLER 社製 Type9281B) を用いて測定した。アナログ信号はアンプにて増幅後、A/D 変換器を介してサンプリング周波数 1000 Hz でパーソナルコンピューターに取り込んだ。

被験者には準備運動と RJ, RJ-Comb の動作を練習させた後に、両手を腰に当てた姿勢で、RJ および RJ-Comb を各 10 回程度、休息をはさんで行わせた。その際に接地時間をできるだけ短く、かつ跳躍高が最大になるよう意識させた。

なお、分析対象ジャンプはバランスやリズムが崩れるとかフォースプレートから外れるなどの失敗試技を除き、連続して安定した跳躍の中で RJindex<sup>注3)</sup> の値の最も大きな跳躍とした。

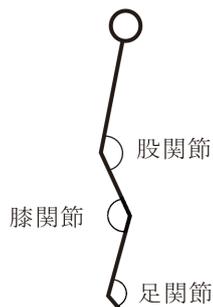


図 1. RJ および RJ-Comb の動作における測定箇所

#### ② 算出項目

各関節について、1/100 秒で測定された角度を 5 点移動平均により平滑化し、それをもとに角速度、角加速度を算出した。地面反力の波形から接地時間と滞空時間を求めて、以下の式から跳躍高を算出した。

$$\text{跳躍高} = 1/8 \cdot \text{重力加速度} \cdot \text{滞空時間}^2$$

(重力加速度  $\approx 9.80665 \text{ m/s}^2$ )

RJindex は、跳躍高を接地時間で除することで算出した。

#### ③ 局面定義

フォースプレートから得られた地面反力により、両脚とも離地してからどちらかの脚が接地するまでを空中局面、どちらかの脚が接地してから両脚とも離地するまでを接地局面とした。また、空中局面で膝を挙上する側の脚を挙上脚、反対の脚を支持脚とし、接地局面においては次の空中局面で膝を挙上する側の脚を挙上脚、反対の脚を支持脚とした。

#### ④ 統計処理

空中局面および接地局面の各局面に要した時間をそれぞれ 100% としてデータを規格化し、1% 毎に線形補間を行った。プログラム前後の差の検定には対応のある  $t$  検定を用いた。なお、統計処理の有意水準は 5% 未満とした。

### (3) 短距離走の疾走動作の測定

#### ① 測定項目

表 3 は、測定項目とその定義を示したものである。なお、測定は RJ-Comb 指導プログラム前後に行い、ストライド、ピッチ、疾走速度など 7 項目から行った。

#### ② 測定方法

図 2 は、測定の設定を示したものである。

カメラはスタートから 30m 地点の走路幅の中央から被験者の右側 10m の位置に設置した。撮影範囲は最高疾走速度に達していると考えられるスタートから 30m 地点を中心に前後 4m とし、被験者の大転子、大腿骨外側上顆、外踝にマーカーを貼り付け、ハイスピードカメラ (CASIO 社製 EXILIM EX-100) を用いて、毎秒 120 コマで撮影した。

被験者には十分な準備運動の後、50m 走を行わせた。なお、測定時は無風もしくは微風で、走路の土の状態は乾いており良好であった。

#### ③ 分析方法

高速度カメラで撮影した動画は、動画編集ソフト

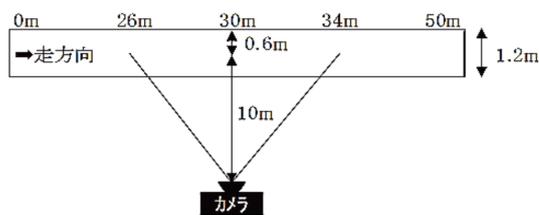


図 2. 測定の設定

表 3. 測定項目とその定義

項 目	定 義	
ストライド	ストライドは、左右の歩幅の平均とした。支持脚が着地した瞬間のつま先から、同一脚が次に着地した瞬間のつま先までの水平距離を算出し、1歩の平均ストライドを求めた。	
ピッチ	ピッチは1秒あたりの歩数とし、平均ストライドの1歩に要した時間から算出した。	
疾走速度	疾走速度は、ストライドとピッチの積とした。	
接地時支持脚角度	<p>接地した瞬間における支持脚の大転子と外踝を結んだ線分が大転子から下した鉛直線と成す角度。</p> <p>大転子からの鉛直線上を<math>0^\circ</math>とし、外踝が進行方向にある側をプラス側とした。</p>	
接地時遊脚股関節角度	<p>接地した瞬間における遊脚の大転子と大腿骨外側上顆を結んだ線分が大転子から下した鉛直線と成す角度。</p> <p>大転子からの鉛直線上を<math>0^\circ</math>とし、大腿骨外側上顆が進行方向にある側をプラス側とした。</p>	
接地時遊脚膝関節角度	接地した瞬間における遊脚の膝関節の角度(大転子と大腿骨外側上顆を結んだ線分と、大腿骨外側上顆と外踝を結んだ線分の成す角度)。	
支持脚膝関節屈曲角度変位	接地した瞬間における支持脚の膝関節の角度から、支持脚の大転子から下した鉛直線と支持脚の外踝が重なった時点における膝関節の角度を引いた角度。(右図の $\theta_1 - \theta_2$ )	

(Windows Movie Maker ver. 2012) により撮影区間内の疾走局面を切り取り、拡張子変換ソフト (XMedia Recode ver.3.3.5.0) によって avi ファイルに変換し、動作解析ソフト (ImageJ ver.1.48) を用いて分析した。

#### ④統計処理

プログラム前後の値の差の検定には対応のある  $t$  検定を用いた。なお、統計処理の有意水準は 5%未満とした。

### III RJ-Comb 指導プログラムの有効性

#### 1. 結果および考察

##### (1)RJ および RJ-Comb の動作

##### ①RJindex, 跳躍高, 接地時間, 滞空時間

表 4 は、各被験者の RJ および RJ-Comb のプログラム前後の変化について、RJindex, 跳躍高, 接地時間, 滞空時間のプログラム前 (Pre), プログラム後 (Post) のそれぞれにおける平均変化量と標準偏差を示したものである。なお、プログラム後がプログラム前に対して向上した数値についてゴシック太字で示した。

RJ については、プログラム後に RJindex の平均変化量は有意に増大し、接地時間の平均変化量は有意に短縮した。RJindex は跳躍高を接地時間で除して算出される指標であり、RJindex が増大するという事は跳躍高が増大するか接地時間の短縮、またはその両方が要因となる。接地時間がいずれの被験者も短縮していることから、RJindex の向上は主に接地時間の短縮によるものであると考えられる。跳躍高、滞空時間は有意ではないがプログラム後に増加傾向を示しており、短い接地時間で強い反発力を得るような動作に変わったと推察される。また、跳躍高と滞空時間が増加しなかった被験者 D, E についても、接地時間が短縮し RJindex が向上しているため、プログラムによって下肢筋の屈曲および伸展による力以上に地面の反発力を利用した効率的な跳躍になっていると考えられる。

RJ-Comb についても、プログラム後に接地時間が有意に短縮した。これは RJ と同様に主に接地時間の短縮によるものであると考えられ、RJ-Comb についても短

表4. RJ および RJ-Comb のプログラム前後の変化

被験者	RJ							
	RJindex		跳躍高 (cm)		接地時間 (msec)		滞空時間 (msec)	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
A	1.87	<b>3.40</b>	27.4	<b>27.5</b>	147	<b>81</b>	473	<b>474</b>
B	2.17	<b>3.21</b>	28.2	<b>30.8</b>	130	<b>96</b>	480	<b>501</b>
C	1.21	<b>2.01</b>	20.6	<b>26.5</b>	171	<b>132</b>	410	<b>465</b>
D	2.10	<b>2.47</b>	32.8	27.7	156	<b>112</b>	517	475
E	2.17	<b>2.46</b>	28.6	28.0	132	<b>114</b>	483	478
平均変化量	+0.81 ± 0.46		+0.58 ± 3.64		-40.2 ± 15.6		+6.0 ± 31.9	
p値	0.02*		0.77		0.01*		0.73	

被験者	RJ-Comb							
	RJindex		跳躍高 (cm)		接地時間 (msec)		滞空時間 (msec)	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
A	0.58	<b>1.57</b>	13.3	<b>17.4</b>	227	<b>111</b>	329	<b>377</b>
B	1.04	<b>1.37</b>	19.2	16.2	184	<b>119</b>	396	364
C	0.80	<b>1.18</b>	15.2	<b>16.2</b>	190	<b>137</b>	352	<b>363</b>
D	1.82	1.44	31.9	16.4	175	<b>114</b>	510	366
E	1.65	1.34	25.6	17.9	155	<b>134</b>	457	382
平均変化量	+0.20 ± 0.50		-4.22 ± 6.89		-63.2 ± 30.6		-38.4 ± 67.0	
p値	0.47		0.29		0.01*		0.32	

\*p<0.05

い接地時間で強い反発力を得るような接地動作になったと推察される。被験者D, Eはプログラム前ではRJ-Combの接地中に挙上脚を挙上するというRJ-Combの動作ができておらず、RJと同様に両脚で踏み切っていたため、RJ-CombのRJindexはRJと同等の値を示していた。プログラム後は挙上脚が接地中に挙上されて踏み切りが片脚となったことで跳躍高が減少したためにRJindexが減少したと考えられる。被験者D, Eのプログラム後の数値は、RJindex, 跳躍高, 接地時間, 滞空時間のいずれについても被験者A, B, Cと同等の数値であった。したがって、被験者D, EはRJindexがプログラム前に比べ減少したが、被験者A, B, Cと数値面で同等になったことから被験者D, EのRJ-Combの動作は向上したものと推察される。

以上の結果から、いずれの被験者もRJ, RJ-Combともにプログラム後に接地時間が短縮し、RJindexが向上する傾向を示した。すなわち、プログラム前に比べて身体の軸ができつつあり、地面の反発力を利用する動作に改善されたと考えられる。

②空中局面と接地局面における股関節, 膝関節, 足関節の動作

表5は、空中局面における挙上脚のプログラム前後の変化を示したものである。空中局面において股関節の伸展が始まるタイミング、膝関節の最小角度が発現するタイミングについては空中局面全体に対する経過時間の割合(%)で示した。

非熟練者は挙上脚を上げ下げするタイミングが遅れる傾向にあったが、空中局面において挙上脚の股関節を伸展して挙上脚を下げるタイミングは、いずれの被験者もプログラム後に早くなった。空中局面において挙上脚を最も屈曲した角度は、いずれの被験者もプログラム後に大きくなり、膝を過度に曲げないようになった。また、

表5. 空中局面における挙上脚のプログラム前後の変化

被験者	股関節 伸展開始 (%)		膝関節 最小角度 (deg)		膝関節最小角 発現時 (%)	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
	A	22	9	38.7	128.6	34
B	18	8	101.3	103.7	18	6
C	24	19	76.4	98.6	25	24
D	53	20	73.5	133.9	55	0
E	46	0	92.0	114.7	44	0

膝関節の最小角が発現するタイミングもいずれの被験者もプログラム後に早くなった。

被験者A, B, Cはプログラム前から熟練者と同様に挙上脚を上げる動作を接地局面中に行っていたが、被験者D, Eにはそのような動作が見られなかった。図3は、被験者D, Eの接地局面における挙上脚の股関節と膝関節の角度の変化を、志方ら(2018)が示した熟練者群の平均と合わせて示したものである。

被験者D, Eの接地局面における挙上脚の股関節と膝関節は、プログラム前は接地後に屈曲し、その後伸展している。つまり、接地局面では挙上脚を挙上せず、挙上脚を伸展して離地していた。一方、熟練者群は接地後に屈曲し、そのまま屈曲し続けて挙上脚を挙上している。しかしながら、プログラム後は被験者D, Eも接地局面後半でも股関節と膝関節の伸展が見られなくなり、接地局面中に挙上脚を挙上するようになった。すなわち、挙上脚を上げ下げするタイミングが早くなり、挙上脚の膝を過度に曲げなくなったという変化は熟練者の動作に近づくものであり、プログラムによって「脚を同時に切り替える」動作が改善されたものと考えられる。

(2)短距離走の疾走動作

表6は、短距離走におけるプログラム前後の変化を示したものである。

プログラム後の疾走速度はいずれの被験者も向上したが有意ではなかった。ストライドの平均変化率は向上したが有意ではなく、ピッチの変化は見られなかった。疾走動作は、プログラム後に接地時遊脚股関節角度の平均変化量が有意に増大し、接地時に遊脚の太腿がより前方に位置するようになったと考えられる。また、プログラム後に接地時遊脚膝関節角度の平均変化量は減少し、有意傾向を示した。接地時支持脚角度と支持脚膝関節屈曲角度変位の平均変化量は4名が減少し、接地時により身体の下に接地し、接地時に膝の屈曲する程度が少なくなったが、いずれも有意ではなかった。

以上のように、平均値では顕著な変化はみられなかったが、被験者個々にみると、疾走速度、ストライド、ピッチに変化がみられた。プログラム後に疾走速度が顕著に向上した被験者Bの疾走動作をみると、接地時遊脚股関節角度が増大、接地時遊脚膝関節角度が減少しており、接地時において遊脚の膝が小さくたたまれ、左右の脚の切り替えが早くなった。また、支持脚膝関節屈曲角変位も減少し、被験者の中で接地時の膝の屈曲が最も小さくなった。これらのことにより、ピッチは減少したがスト

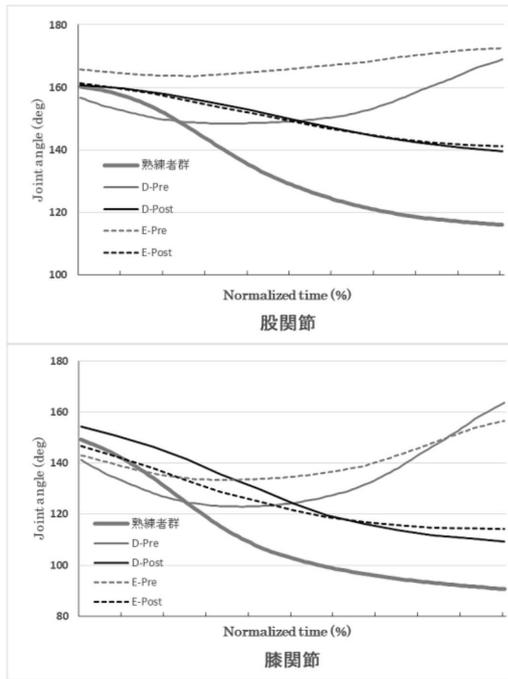


図3. 接地局面における挙上脚の股関節と膝関節の角度の変化

ライドが大幅に増大し疾走速度が向上したものと考えられる。

被験者Aは、接地時遊脚股関節角度が大幅に増大し、接地時遊脚膝関節角度は減少した。ピッチは変化しなかったが、接地時において遊脚の膝が小さくたたまれ、左右の脚の切り替えが早くなったことでストライドが増大し、疾走速度がやや向上した。

被験者C, D, Eは、いずれも接地時遊脚膝関節角度および支持脚膝関節屈曲角度変位が減少していることから、接地時に膝が小さくたたまれ、左右の脚の切り替えが早くなったと考えられる。遊脚がコンパクトかつ早く前方にスイングし、支持脚がより身体の真下に近い位置に接地し、支持脚の膝の屈曲が小さくなったことでストライドは増大しなかったがピッチが向上し、疾走速度がやや向上したと推察される。被験者Dはプログラム後に接地時支持脚角度が大きくなっており、より前方で接地したため接地直前の脚加速度が小さくなっていると考えられ、そのため同程度ピッチが向上した被験者C, Eほど疾走速度が向上しなかったと推察される。

小林(1990)は、脚の慣性モーメントを減少させ効率よく脚を前方へ運ぶために引き付け角度を小さくすると述べている。本研究では、いずれの被験者も接地時遊脚膝関節角度が減少し、接地時股関節角度が増大した。つまり、接地時に遊脚の膝関節の角度を小さくしたことで脚の慣性モーメントが減少し、その結果、接地時に遊脚の位置がより前方に位置するようになり、脚の入れ替え動作であるシザース動作が素早く行われるようになったと考えられる。また、尾縣ら(1991)は接地時支持脚角度と疾走速度は有意な相関関係にあると報告しており、本研究においても4名がプログラム後に接地時支持脚角度が減少し、身体の下に近い位置で接地するようになり

表6. 短距離走におけるプログラム前後の変化

被験者	疾走速度 (m/s)			ストライド (cm)			ストライド身長比			ピッチ (Hz)		
	Pre	Post	Post/Pre	Pre	Post	Post/Pre	Pre	Post	Post/Pre	Pre	Post	Post/Pre
A	7.48	7.53	1.01	168.3	169.5	1.01	0.99	0.99	1.00	4.44	4.44	1.00
B	7.57	8.25	1.09	164.0	189.1	1.15	0.99	1.14	1.15	4.62	4.36	0.95
C	6.95	7.03	1.01	162.1	161.1	0.99	0.99	0.99	1.00	4.29	4.36	1.02
D	7.35	7.37	1.00	168.4	165.8	0.98	0.97	0.96	0.99	4.36	4.44	1.02
E	7.97	8.06	1.01	182.6	181.4	0.99	1.04	1.04	1.00	4.36	4.44	1.02
平均変化率	+2.5 ± 3.3 %			+2.6 ± 6.4 %			+2.8 ± 6.2 %			-0.0 ± 2.8 %		
p値	0.21			0.46			0.41			0.96		

被験者	接地時支持脚角度 (deg)			接地時遊脚股関節角度 (deg)			接地時遊脚膝関節角度 (deg)			支持脚膝関節屈曲角度変位 (deg)		
	Pre	Post	Post/Pre	Pre	Post	Post/Pre	Pre	Post	Post/Pre	Pre	Post	Post/Pre
A	16.3	16.1	-0.2	-12.8	0.0	12.8	53.4	49.5	-3.9	12.0	14.0	2.0
B	18.4	16.8	-1.6	-12.3	-0.8	11.5	73.1	50.5	-22.6	6.4	4.5	-1.9
C	19.8	15.9	-3.9	-14.9	-12.4	2.5	79.7	65.3	-14.4	7.8	4.7	-3.1
D	9.6	11.8	2.2	-1.6	3.6	5.2	64.2	54.6	-9.6	7.9	6.0	-1.9
E	19.3	17.1	-2.2	-17.2	-12.2	5.1	57.7	56.4	-1.3	15.9	8.5	-7.4
平均変化率	-1.1 ± 2.0			+7.0 ± 4.0			-10.3 ± 7.6			-2.4 ± 3.0		
p値	0.33			0.02*			0.05			0.18		

\* p < 0.05

疾走速度が向上した。

#### IV まとめ

本研究は、RJ-Combにおける熟練者と非熟練者の動作の差異をもとにRJ-Comb指導プログラムを作成し、プログラムの有効性を検討することを目的とした。作成したプログラムを一般成人男性5名に適用し、以下の結果を得た。

- ・プログラム後、いずれの被験者もRJ, RJ-Combともに接地時間が短縮した。
- ・RJ-Combにおいて、いずれの被験者も挙上脚を上げ下げするタイミングが早くなった。
- ・短距離走において、いずれの被験者も接地時に膝を小さくたたみ、大腿部をより前方に位置するようになった。
- ・短距離走において、いずれの被験者もシザース動作が素早く行われるようになった。
- ・短距離走において、支持脚の膝が接地局面において屈曲する程度の減少が4名においてみられた。
- ・短距離走において、支持脚が接地時においてより身体の真下に接地する変化が4名においてみられた。

以上のことから、本研究はRJ-Combの指導法の一端を示すとともに、RJ-Combの習得が短距離走におけるスプリント技術の向上を促すと推察された。

#### 注

- 1) 軸とは、自ら発揮する力と反発力など身体の外からかかる力を運動において効率よく利用できる意識、姿勢などの身体の状態を指すものであり、連続する運動の中で常に変化し続けるものでもある(川本, 2008)。
- 2) SSC運動とは、筋の伸張-短縮サイクル(stretch shortening cycle)を利用した運動である。筋力発揮

の作用時間の長さから, 短い SSC (リバウンドタイプ) と長い SSC (プレスタイプ) の 2 つに大別され, ジャンプトレーニングの例では, 前者は台から飛び降りて即座に跳ね返すドロップジャンプ, 後者はその場からの反動動作つき跳躍 (カウンタームーブメントジャンプ) がある (市橋, 2014).

- 3) RJindex は, リバウンドジャンプにおいて跳躍高を踏切時間で除すことによって算出されたものであり, バリステックな跳躍運動の遂行能力を評価する指標として用いられている (遠藤ら, 2007).

## 文 献

- 遠藤俊典・田内健二・木越清信・尾縣貢 (2007) リバウンドジャンプと垂直跳の遂行能力の発達に関する横断的研究, 体育学研究, 52: pp.149-159
- 市橋則明 (2014) 運動療法学 第2版, 文光堂, p.227
- 岩竹淳・鈴木朋美・中村夏実・小田宏行・永澤健・岩壁達男 (2002) 陸上競技選手のリバウンドジャンプにおける発揮パワーとスプリントパフォーマンスとの関係, 体育学研究, 47: pp.253-261
- 川本和久 (2008) 2時間で足が速くなる! -日本記録を量産する新走法ボン・ピュン・ランの秘密-, ダイヤモンド社, pp.54-124
- 小林寛道・宮下充正 (1990) 走る科学, 大修館書店, pp.35-39
- 中村宏之 (2011) 中村式走力アップトレーニング, 洋泉社, pp.60-61
- 尾縣貢・中野正英 (1991) 疾走能力に影響を及ぼす動作要因, 奈良教育大学紀要, 40-2: pp.21-28
- 志方亮一・小田俊明・筒井茂喜 (2018) リバウンドジャンプ・コンビネーションにおける熟練者と非熟練者の下肢動作の差異, 陸上競技学会誌, 17, 印刷中
- 曾輪泰隆 (2012) Q & A 陸上競技, ベースボール・マガジン社, p.20
- スポーツ庁 (2017) 体力・運動能力調査 テスト項目の年次推移 ([https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&tstat=000001088875&cycle=0&tclass1=000001107355&stat\\_infid=000031632345&second2=1](https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&tstat=000001088875&cycle=0&tclass1=000001107355&stat_infid=000031632345&second2=1))
- 土江寛裕 (2004) アテネオリンピックにむけての「走りの改革」の取り組み, スポーツ科学研究, 1: pp.10-17