

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：33402

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2023

課題番号：18K17806

研究課題名（和文）科学知と実践知の融合によるプライオメトリックトレーニングプログラムの開発

研究課題名（英文）Development of plyometric training program combined with scientific knowledge and practical knowledge

研究代表者

苅山 靖（Kariyama, Yasushi）

山梨学院大学・スポーツ科学部・准教授

研究者番号：30734660

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：ジャンプ運動を用いたプライオメトリックトレーニング（以下、プライオメトリクス）は、下肢筋のパワー発揮能力を改善するための重要な方法である。本研究では、実践現場で多く用いられているものの高い技術が要求される「バウンディング」運動を対象に、動作分析法による定量的データとアンケート法等による質的データを用いてバウンディングにおける技術課題を検討し、それを基にバウンディング能力の向上を含めたトレーニングを計画・実践した。これらの結果を基に、技術性の高いバウンディングの能力を改善するためのプライオメトリクスプログラムを提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

実践現場ではプライオメトリクスを「最大努力でのジャンプ運動の反復」として捉え、トレーニング負荷は反復回数や運動エネルギーの大きさ（量的拡大）のみと認識されることが少なくない。プライオメトリクスは「一定水準の技術や体力が確保されていないと適切なトレーニング効果を引き出すことができない（Radcliffe and Farentinos, 1999; 図子, 2012）」ために、技術の向上は身体各部へ適切に負荷をかけ、適切な効果を得るために不可欠である。本研究では、これらの技術課題に着目したこと、その解決について科学の方法と実践現場での思考法を含め、学際性を持って取り組むことに意義があると考えている。

研究成果の概要（英文）：Plyometric training based on jumping exercises is an important approach for improving the power output capacity of lower limb muscles. This study focused on bounding, which is a commonly used exercise in practical settings but requires advanced technical skills. We identified the technical challenges associated with bounding using quantitative data from motion analysis and qualitative data from questionnaires and other similar sources. Based on our findings, we planned and implemented a training program that includes improving bounding skills. Subsequently, we proposed a plyometric program to enhance the performance of technically demanding bounding exercises.

研究分野：トレーニング科学

キーワード：ジャンプ 技術 質的・量的データ

様式 C - 19 , F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

多くのスポーツ競技において高い競技力を達成するためには、下肢が大きなパワーを発揮する必要があり、この能力はジャンプ運動を用いたプライオメトリックトレーニング(以下、プライオメトリクス:Verhoshanski,1969; Bobbert, 1990; 図子, 2006)によって向上が期待できる。プライオメトリクスは、同じエクササイズであっても一定水準の技術や体力が確保されていないと適切なトレーニング効果を引き出すことができないと指摘されている(Radcliffe and Farentinos, 1999; 図子, 2012)。

ジャンプ運動を用いたプライオメトリクスは、下肢筋のパワー発揮能力を改善するための重要な方法である。申請者らはこれまでに、プライオメトリクスを効果的に実施するための前提となる諸能力について、主に体力要素を明らかにしてきた。本研究では、これまでに検討していなかった技術要素について、動作分析法を用い科学的に検証し、さらに、その技術を習得する「手段」をコーチ等が持つ実践知の収集によって開発し、その有効性をトレーニング介入により検証する。このように、科学知と実践知の融合による知見と、これまでの申請者らの知見を合わせることによって、実践現場の課題解決に役立つプライオメトリクスプログラムの開発を目指す。

2. 研究の目的

代表的なプライオメトリクス手段であり、実践現場で多く用いられているものの高い技術性が要求される「バウンディング」運動の技術課題を、これまでの申請者らの知見と合わせることで明らかにし、実践現場の課題解決に役立つプライオメトリクスプログラムを開発する。

【課題1】 動作分析法による定量的な技術課題(科学知)の抽出

【課題2】 コーチの持つ実践知の収集と技術トレーニング手段の開発

【課題3】 開発した手段を用いたトレーニングの効果:科学的検証と実践知の収集

3. 研究の方法

(1) 課題1

1) 対象者

バウンディングを定期的に行っている、陸上競技短距離および跳躍を専門とする男性競技者12名。

2) 実験運動

プライオメトリクス手段の代表的運動であり、実践現場で多く用いられているものの高い技術が要求される「バウンディング」運動とした(苅山・図子, 2013)。本研究におけるバウンディングは、できるだけ高くへ跳ぶことを指示し、立位姿勢から前方へ片脚交互に連続して10回連続して跳躍する運動(木越ほか, 2003; 苅山・図子, 2014)とした。対象者へは普段のトレーニング時に用いるスパイクシューズ以外のシューズを履かせ、試技間には疲労の影響を無くすために十分な休息をとらせた。

3) 測定項目および算出項目:

実験試技における8歩目もしくは9歩目の踏切を踏切時間測定装置(OptoJumpNext)と高速度ビデオカメラ(DMC-FZ300, Panasonic, 120 fps)を用いて撮影した。撮影されたビデオ画像をパーソナルコンピュータに取り込み、ビデオ動作解析システム(ディケイエイチ社製, FrameDIAS)を用いて、毎秒120フレームで全身23点と校正マーク4点の2次元座標を読み取った。画像から読み取った身体各部の座標は、校正マークをもとに実長換算した後、最適遮断周波数(4.5 - 10.5 Hz)をWells and Winter (1980)の方法に基づいて決定し、Butterworth Low-Pass Digital Filterを用いて平滑化した。パフォーマンス変数(跳躍距離、鉛直および水平方向の身体重心速度)や各種キネマティクス変数を算出した。

(2) 課題2

1) 対象者

実践現場においてプライオメトリクスを導入し、精通しているコーチ2名。

2) 調査方法

課題1により明らかになった技術課題以外の技術課題や、それらを解決するためのトレーニング手段、さらにそれらを用いる際の留意点などに関するアンケート調査を実施した。なお、本課題の実施時期は、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の流行時期に重なったため、対象者とできるコーチの人数が少なくなった。そのため、先行研究や各種文献なども用いて、情報収集をした。これらを、運動の類縁性をみる手続き(金子・朝岡, 1990; 苅山・図子, 2013)により論理的整合性をもって精査・開発した。

(3) 課題3

1) 対象者

プライオメトリクスを定期的に行っている、陸上競技跳躍種目を専門とする7名の大学生

競技者へ、本研究で開発したトレーニングを実施した。その内、怪我等でトレーニング離脱の無かった4名(男性3名,女性1名)を分析対象とした。なお、対象者はバウンディングを定期的
に実施していたが、そのパフォーマンスや技術の習熟度には差があった。また、いずれの対象者
も課題1および2で示された技術課題の解決が求められると考えられた。

2) トレーニング計画の立案

課題2において開発したトレーニング手段を用い、バウンディング能力を高めるためのトレ
ーニングを計画し、3か月間実施した。なお、本課題では、実際のスポーツ現場で活用できる知
見を得るために競技者を対象とした。そのために、対象者が所属するチームにおいて実施してい
るトレーニングの中に、本研究において開発したトレーニングを週に約2回の頻度で導入し、実
施した。

対象者の所属するチームは陸上競技跳躍種目のパフォーマンス向上を目指していた。跳躍種
目の運動形態(片脚踏切・水平方向への移動)はバウンディングの運動形態と極めて類似してい
るために、対象者が実施したトレーニングは全て、片脚・水平移動の運動パフォーマンス改善を
意図した内容であり、バウンディング能力の向上に関するものと考えられる。その主な1週間の
内容は「月曜日:ウエイトトレーニング,火曜日:本研究で開発したトレーニングとプライオメ
トリクス,水曜日:ロングスプリントトレーニング,木曜日:休養,金曜日:本研究で開発した
トレーニングとショートスプリントトレーニングもしくは専門技術トレーニング,土曜日:ロン
グスプリントトレーニングとウエイトトレーニング,日曜日:休養」であり、3か月のトレー
ニング期間を通して概ね同じ流れであった。

3) 実験運動・測定項目および算出項目

3か月間のトレーニング前後には、課題1と同じ方法によるバウンディング運動を実施し、各
種変数を算出した。

4. 研究成果

(1) 課題1

バウンディングにおける跳躍距離と踏切に関する各種変数との間には、特徴的な相関関係は
認められなかった。一方、バウンディングにおける跳躍距離は鉛直速度と水平速度により構成さ
れ、跳躍距離は水平速度の割合が高く、跳躍距離との間には水平速度において高い相関係数が示
されたことから、本課題ではバウンディングにおいて高い水平速度を獲得するための踏切動作
について検討した。

バウンディングにおける水平速度との間には、踏切脚における股関節最大伸展速度および膝
関節屈曲量、それぞれに有意な相関関係が認められた。これらのことは、バウンディングにおい
て高い水平速度に対応するためには、踏切中に股関節が高い速度で伸展し身体を前へ推進する
こと、膝関節のつぶれが小さいこと、これらが重要であると考えられる。

更に、水平速度と踏切時間との間にも有意な相関関係が認められ、高い水平速度を維持・獲得
するためには踏切時間が短いことが重要であることが示された。このことは先行研究(荻山・図
子,2016)においても同様に報告されており、高い水平速度と短い踏切時間との間には密接な関
係があることが理解できる。

以上の事から、バウンディングの跳躍距離に重要な高い水平速度を維持・獲得するためには、
膝関節の屈曲が小さいこと、股関節の伸展速度が高いことが重要であることが示された。

(2) 課題2

アンケートおよびバウンディングに関する各種文献をもとに、バウンディングにおいて大き
な跳躍距離(高い水平速度)を獲得するための技術課題の抽出に試みた。その結果、以下が抽出
された。

- 踏切脚における股関節(殿部)の積極的利用(踏切中に腰を前へ進め続ける)
- 膝関節・足関節の屈曲伸展ではなく、股関節の伸展動作を優位に利用すること
- 下肢関節の潰れを防ぐ
- フラット接地
- 接地足のつま先が下がった状態(足関節底屈位)で接地を迎えない
- 腕や振り込み脚の積極的利用
- 上記と関連し、ブレーキを最小限にする(高い水平スピードの獲得・維持)

これらと課題1の結果を踏まえ、バウンディングにおいて大きな跳躍距離(高い水平速度)を
獲得するためのトレーニング手段を開発した。代表的なものは以下であるが、他にも、今回の狙
いとする技術課題の解決に必要と考えられる基礎能力としての筋力や柔軟性を高めるためのトレ
ーニング、そして上記技術課題の解決が困難な対象者に合わせたトレーニングなども検討し
た。

【代表的なトレーニング手段】

- ・10cmBoxを用いた股関節(殿部)での着地・バウンド
- 足関節・膝関節の屈曲伸展を用いず股関節だけ踏ん張ることのできる姿勢を作り、そこで

- 10cmBox からの落下衝撃を受け止める．そして，その姿勢から 10cmBox へ飛び乗る）
- ・ 10cmBox を用いた乗り込みバウンド
10cmBox10 台を等間隔（3 m～5.5 m）で並べ，その間を片脚交互で跳躍．この時，上記の股関節でのバウンドや振り込み脚を積極的に利用し，ブレーキをなく前へ推進する．
 - ・ チューブ抵抗を利用した股関節伸展動作の習得
チューブによる牽引抵抗をかけた状態で，上記の股関節でのバウンドで前へ進む．
 - ・ アクティブスキップ
通常のスキップよりも，膝関節伸展位・股関節屈曲位の姿勢から股関節を速く伸展させ，その勢いで低く前へスキップする．また，振り込み脚を積極的に利用し，タイミングを合わせる．
 - ・ スピードバウンディング
身体の上下動をできるだけ抑え，股関節の伸展動作を強調したバウンディング．
 - ・ その他，立五段跳，助走付きバウンディング，などのジャンプ運動

（3）課題 3

課題 2 において開発したトレーニング手段を用いた計画を立案し，実施した．その結果，立 10 段跳における合計跳躍距離は 4 名全員が向上した．また，動作分析の対象歩数（8 歩目もしくは 9 歩目）の踏切において，4 名全員の踏切時間が短縮し，踏切離地時の鉛直および水平速度はともに向上した．特に，水平速度の向上が大きかった．これらの結果から，本研究で実施したトレーニングにより，バウンディング能力が向上した可能性があると考えられる．

ここで，バウンディング能力の向上に伴う踏切動作（関節キネマティクス）の変化について，共通点を検討すると，足関節および股関節における最大伸展速度の向上が示された．このうち，股関節の最大伸展速度の向上は，横断的な検討である課題 1 および 2 と同じ結果であった．一方，4 名全員ではないものの，膝関節の屈曲範囲は 4 名中 3 名で増加し，伸展量は 4 名全員が向上していた．課題 1 および 2 においては，バウンディングにおける膝関節屈曲量が大きいことは水平速度の獲得に相応しくない結果であったが，トレーニング介入による縦断的な結果としてはこれとは逆の結果となった．

足関節背屈量は，4 名中 3 名が減少した．足関節はバウンディングにおいて踏切時間の短縮とそれによる高い水平スピードの維持に重要とされているために，本研究においても足関節の踏切動作の改善が水平速度の維持・獲得に貢献したことが推察できる．

その他にも，バウンディング能力の改善に伴う踏切動作の変化には個人差のある事が確認された．以上の結果を踏まえると，バウンディングの能力が改善したとしても，その際に起きる踏切動作の変化（技術課題の解決）には，共通点と相違点（個人差）の両面が存在することが理解できる．また，本課題における実際のトレーニングの運用においては，対象者に共通したトレーニングの実施を前提としつつも，対象者の技術課題を個別に明確化し，その課題に適したトレーニング手段や留意点を選択・実施するとともに，各対象者の能力や技術の変化に応じて負荷や難易度を変化させること，そしてシンスプリント（脛骨過労性骨膜炎）や腰部などの障害リスク，などを考慮した．全対象者においてバウンディング能力が向上したことや，上述の個人差が生まれた要因には，これらのトレーニング実践における運用面の考慮が影響しているとも考えられる．

なお，上述の通り，対象者が実施したトレーニングには，本研究において開発したトレーニング以外にも，対象者の所属するチームが実施する跳躍種目のパフォーマンス向上を意図するトレーニング内容が含まれていた．そのために，本研究で得られた結果の全てが，本研究において開発したトレーニングの効果ではないことに留意する必要がある．

（4）まとめ

本研究で示した技術課題やその解決のためのトレーニング手段は，よりバウンディングにおいてより遠くへ跳躍するために必要なものであること，言い換えると，股関節の伸展動作を利用し，踏切時のブレーキを少なく，かつより高い水平スピードで身体をより遠くへ移動させるために重要である可能性が示された．一方で，実際に本研究で示した技術課題を解決するためのトレーニングを実施する際には，目の前の対象者における個別の課題や，実践する中で生じる不確定要素への臨機応変な対応など，トレーニング運用面への考慮も重要になることが示された．

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 17件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 16件）

1. 著者名 KARIYAMA Yasushi、TOYODA Ayano、FUJII Hiroaki	4. 巻 67
2. 論文標題 Jump ability in relation to ball speed during windmill pitching by female softball pitchers:	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Taiikugaku kenkyu (Japan Journal of Physical Education, Health and Sport Sciences)	6. 最初と最後の頁 25 ~ 34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5432/jjpehss.21056	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 苅山靖	4. 巻 32
2. 論文標題 ジャンプ運動を用いた下肢のプライオメトリックトレーニングを支えるエビデンス	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 トレーニング科学	6. 最初と最後の頁 181-192
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 KARIYAMA Yasushi、AKUTSU Shota、MIZAWA Takayasu、TERAMOTO Yuji	4. 巻 65
2. 論文標題 Characteristics of the stretch-shortening cycle movement ability of male field hockey players	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Taiikugaku kenkyu (Japan Journal of Physical Education, Health and Sport Sciences)	6. 最初と最後の頁 1041 ~ 1048
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5432/jjpehss.20045	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kariyama Yasushi	4. 巻 7
2. 論文標題 Effect of Jump Direction on Joint Kinetics of Take-Off Legs in Double-Leg Rebound Jumps	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sports	6. 最初と最後の頁 183 ~ 183
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/sports7080183	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Kariyama Yasushi、Hayashi Ryohei、Yoshida Takuya、Zushi Amane、Zushi Kodayu、Zushi Koji	4. 巻 67
2. 論文標題 The mechanical characteristics of single-leg squat exercise with emphasis on pelvic elevation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine	6. 最初と最後の頁 187 ~ 197
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7600/jspfsm.67.187	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kariyama Yasushi、Hobara Hiroaki、Zushi Koji	4. 巻 39
2. 論文標題 The Effect of Increasing Jump Steps on Stance Leg Joint Kinetics in Bounding	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Sports Medicine	6. 最初と最後の頁 661 ~ 667
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/a-0633-9308	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

[学会発表] 計6件(うち招待講演 0件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 荻山 靖;比留間浩介;飯塚駿;藤林献明;麻場一徳;太田涼
2. 発表標題 高さおよび距離の異なるハードルジャンプエクササイズの実験特性
3. 学会等名 第32回日本トレーニング科学学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kariyama Yasushi、Zushi、Kodayu
2. 発表標題 Effect of leg stiffness during rebound jump on sprint running kinematics and kinetics.
3. 学会等名 6th Congress of the International Society of Biomechanics in Sports (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kariyama Yasushi
2. 発表標題 各種筋力・パワートレーニング手段における力学的類似性から評価した階層構造的性
3. 学会等名 日本体育学会第69回大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関