

〔研究ノート〕

陸上競技選手のリバウンドジャンプ能力のトレーニング効果、 ブロック間比較、コントロールテストおよびベスト記録との関係

松田克彦・沖村多賀典・齋藤健治

名古屋学院大学スポーツ健康学部

要 旨

名古屋学院大学陸上競技選手のリバウンドジャンプ能力（跳躍高、接地時間、RJ-index）の、トレーニング効果、ブロック間比較、コントロールテストとの関係、100m走および1500m走のベスト記録との関係を調査した。その結果、跳躍高とRJ-indexの間、接地時間とRJ-indexの間に有意な相関が認められた。2018年と2019年の間の比較では、跳躍高にのみ有意な差（向上）が認められた。ブロック間にリバウンドジャンプ能力の差（ブロックの影響）は認められなかった。コントロールテストとRJ-indexの間では、スクワットにのみ有意な相関が認められた。ただし、パワークリーン、立ち幅跳び、立ち五段跳びとの間には相関の傾向が認められた。100m走のベスト記録との間には、いずれも相関は認められなかったが、1500m走のベスト記録との間には跳躍高とRJ-indexに強い相関が認められた。

キーワード：RJ-index, 跳躍高, 接地時間, 100m走, 1500m走

Relationships between rebound jump ability and training, block,
control test, best record of track and field athletes

Katsuhiko MATSUDA, Takanori OKIMURA, Kenji SAITOU

Faculty of Health and Sports
Nagoya Gakuin University

はじめに

スポーツ分野における「バネ」という言葉は、短距離の疾走力であったり、跳躍力であったり、主として走跳能力を表す言葉として一般的に使われてきた。走跳の運動は、その接地あるいは力発揮が0.1～0.3秒でなされる高速、瞬発的、爆発的な運動であるため（岩竹，2017），単位時間内での仕事量を大きくする能力，つまりパワー発揮能力がそのパフォーマンスを決定する大きな要因となる。そのような運動能力に関する理論的研究や養成するための実践的研究は，1960年代の旧ソ連を中心に「プライオメトリクス」として行われきた。その後，Komi(1978)やBoscoら（1982;1983），Bobbertら（1987a;1987b）によりドロップジャンプを利用したトレーニング法の研究が進められ，そのような爆発的な運動の中で見られる要素を抽出して，伸張—短縮サイクル（stretch-shortening cycle）と呼ぶようになった（高松，2017）。図子ら（1993）は，このような爆発的な運動能力を簡易に評価するために，マットスイッチを用いてドロップジャンプ時の踏切時間と滞空時間を計測することにより求められるリバウンドドロップジャンプ指数RDJ-indexを開発した。垂直跳びのように跳躍高だけでなく，踏み切り時間という時間の要素を入れた点で実用的で意味のある評価法である（高松，2017）。

一方，リバウンドドロップジャンプやリバウンドジャンプは足関節を中心とした運動であるため，足関節の発揮パワーが大きく貢献する運動の評価には適切であるが，例えば股関節運動が主となるスプリント走の評価には注意が必要という見方もある（深代，2017）。この点については，100m走の記録とリバウンドジャンプ指数RJ-indexとの間に相関関係があるという

報告や（岩竹他，2002；佐伯，2017），中長距離走の記録との間に相関関係があるという報告もあり（中井，2017；有賀，2018），股関節など他の関節の仕事との関係や下肢スティフネスとの関係などの観点でさらなる研究が必要になると思われる（図子，2017）。

本研究では，名古屋学院大学陸上競技部員を対象として，アクリル板とひずみゲージを用いた測定器を作製し，接地時刻と離地時刻の検出することでRJ-indexを求めた。そして，2年間のトレーニング成果，ブロック間の比較，コントロールテストや100m，1500m走の記録との関係を調べた。

方法

1. 対象

対象は，大学陸上競技部に所属する選手，2018年と2019年の2年の延べ44名，実数33名であった。

このうち，両年のRJ-indexデータがあるのは11名で，2018年から2019年の変化を見る場合の対象となった（表1）。RJ-indexのブロック間比較，RJ-indexとコントロールテストとの関係を分析する場合には，両年のデータがある対象については，2019年のデータを利用した。RJ-indexと100m走および1500m走の関係を見る場合の対象はそれぞれ8名と5名であった（表1）。

対象となる選手には，検査結果を含む個人情報保護を保障すること，得られた結果は研究以外に使用しないことを口頭および書面にて説明し，同意を得た。

2. 実験試技および計測

リバウンドジャンプは，900×600×20mm

表1 ブロック毎の分析対象数

ブロック	対象の実数	リバウンドジャンプのデータが両年ある数	100m走のデータがある数	1500m走のデータがある数
短距離（100m, 200m）	9	3	8	
短距離（400m）	5	0		
中長距離（800m～）	11	5		5
跳躍	3	1		
投擲	5	2		
計	33	11	8	5

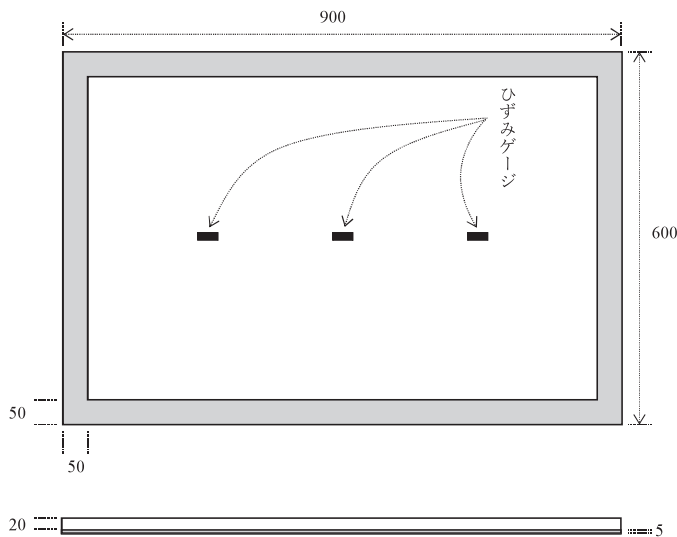


図1 アクリル板（900×600×20mm）にひずみゲージを貼付してジャンプ中の接地時間と跳躍時間を検出。左から1ch, 2ch, 3chのひずみ信号を計測する。

のアクリル板（図1）上で、7回連続でジャンプさせることで実施した。アクリル板後方から軽くジャンプして跳び乗り、7回終わったところで、脚を開いて着地、終了するという試技であった。アクリル板上でのリバウンドジャンプ中の接地時間と跳躍時間は、アクリル板の裏に貼付したひずみゲージ（KFG-1N-120-C1-11, 共和電業）のひずみ信号から検出した。このアクリル板のプレートは周辺50mm幅で厚さ5mmのアクリルを用いて底上げした。また、

アクリル板上での連続ジャンプでは、ジャンプ中に前後移動することがあるため、移動しても接地によるひずみが検出できるように3枚貼付した（図1）。

3つのひずみゲージの信号はブリッジコネクタ（DB-120C-2, 共和電業）を介して、ひずみアンプ（シグナルコンディショナ CDV-400B, アンプユニット CD-10B, 共和電業, 応答周波数DC～2.5kHz）で増幅した。増幅した信号は精度16bit, サンプルング1kHzで

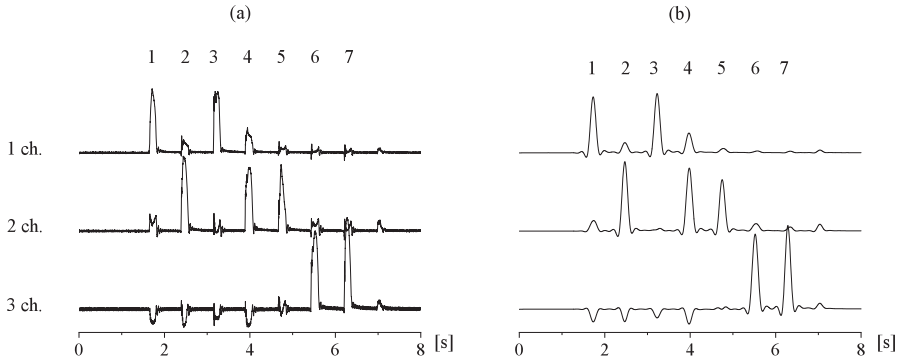


図2 7回連続のリバウンドジャンプ時に記録した、(a) ひずみ生波形とその (b) ローパスフィルタリング波形。

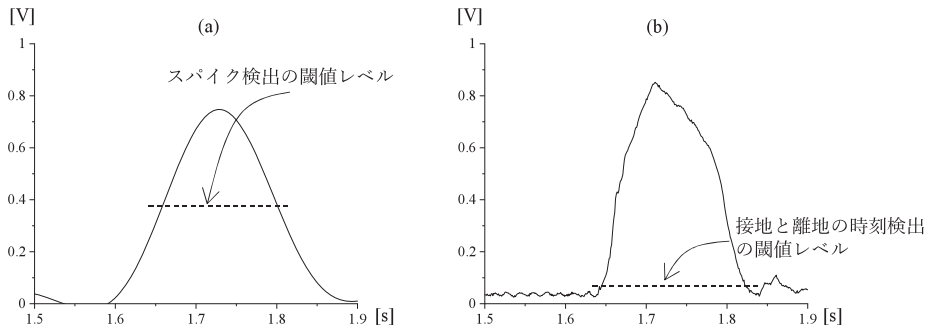


図3 (a) スパイクおよびそのピーク時刻検出のためにローパスフィルタをかけた波形を利用し、(b) ピーク時刻を基準に接地と離地時刻を閾値レベルで検出した。

AD変換しPCに取り込んだ。接地時間と跳躍時間を検出するのに適したひずみスパイクを、ソフトウェア的に検出した。図2はその一例を示す。接地によるひずみのピーク時刻検出を容易にするため（二峰など複数極大値の影響を緩和するため）、高域遮断5Hzのローパスフィルタ（4次のバターワース型）をかけた（図2右）。この場合、1, 3回目のジャンプは1チャンネル、2, 4, 5回目は2チャンネル、6, 7回目のジャンプは3チャンネルのひずみ波形スパイクから接地時間が検出され、それぞれのスパイク間から跳躍時間が求められた。なお、1回目のスパイクはこの検出のために用いなかった。したがって、最終的に6個のスパイクから、接地時間データを6個、跳躍時間データを5個抽出し

た。

フィルタ波形からのスパイクとそのピーク時刻の検出，それをもとにした生波形からの接地時刻と離地時刻の検出について図3に示す。生波形では，一つのスパイクについて閾値以上のレベルで複数の極大値が現れることがあったため，ローパスフィルタでそれらをならした後に抽出したピーク時刻を基準として，波形から接地時刻と離地時刻をもう一つの閾値を用いることで検出した。

3. 跳躍高，接地時間およびRJ-index

図3に示したように，ジャンプ毎に検出した接地時刻と離地時刻から，接地時間 T_g と跳躍時間 T_j が，跳躍時間から跳躍高 h_j 求められ，

RJ-indexを次式

$$\text{RJ-index} = \frac{h_j}{T_c}$$

により算出した。ここで、

$$h_j = \frac{1}{8} g T_j^2$$

である。 g は重力加速度である (Asmussen and Bonde-Petersen, 1974)。

RJ-indexは最大値を採用した。

4. コントロールテスト, ベスト記録

リバウンドジャンプ時のRJ-indexと跳躍高, 接地時間, および他の運動との関係を見るために, コントロールテスト9種目のデータを用いた。コントロールテスト種目はスクワット, クリーン, デッドリフト, 立ち幅跳び, 立ち五段跳び, メディシンボール前投げ, メディシンボール後投げ, 10mの助走後の30m加速走, 12分間走であった。なお, ブロック毎に実施種目が異なったり, データの欠損があったりしたため, コントロールテストのnはばらばらであった。

結果

1. 跳躍高, 接地時間およびRJ-index

表2に33名のリバウンドジャンプ時の跳躍高, 接地時間およびRJ-indexの平均を示す。

図4に, 33名のリバウンドジャンプ時の跳躍高, 接地時間およびRJ-indexの関係を示す。跳躍高とRJ-index, 接地時間とRJ-indexの間には有意な相関関係(それぞれ0.895, -0.585)が認められた(ともに $p < 0.000$)。跳躍高と接地時間の間には相関関係は認められなかった。

2. 2018年から2019年の変化

図5に2018年と2019年の両年に測定値がある11名の実験参加者について, リバウンドジャンプ時の跳躍高, 接地時間およびRJ-indexを箱ひげ図で示す。対応のあるt検定の結果, 図5aの跳躍高において有意な差が認められた($p < 0.05$)。接地時間とRJ-indexには, その平均値に差が認められなかった。

3. ブロック間比較

図6に陸上競技種目のブロック間で, 跳躍高, 接地時間およびRJ-indexについて比較した箱ひげ図を示す。2018年と2019年の両年にデー

表2 リバウンドジャンプのパラメータ平均

	平均±SD
跳躍高 [m]	0.366 ± 0.071
接地時間 [s]	0.168 ± 0.014
RJ-index [m/s]	2.114 ± 0.486

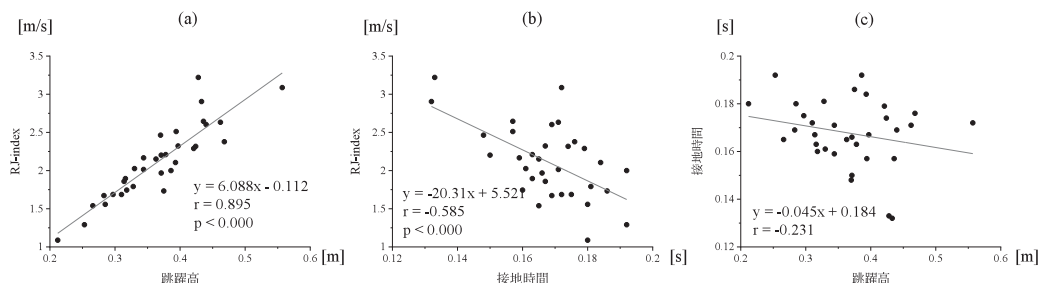


図4 対象33名のリバウンドジャンプ時の (a) 跳躍高とRJ-index, (b) 接地時間とRJ-indexおよび (c) 跳躍高と接地時間の関係。

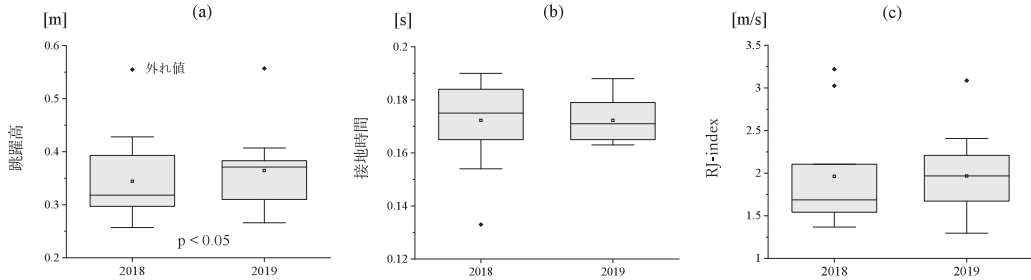


図5 リバウンドジャンプ時の (a) 跳躍高, (b) 接地時間および (c) RJ-index の2018年から2019年への変化。箱ひげ図のひげは最大と最小, 箱の上端は75パーセンタイル, 下端は25パーセンタイル, 箱中のラインは中央値, マークは平均値を示す。外れ値は, $\langle 25$ パーセンタイル値 $-1.5 \times$ 四分位範囲, あるいは $\rangle 75$ パーセンタイル値 $+1.5 \times$ 四分位範囲 $= 75$ パーセンタイル値 -25 パーセンタイル値。

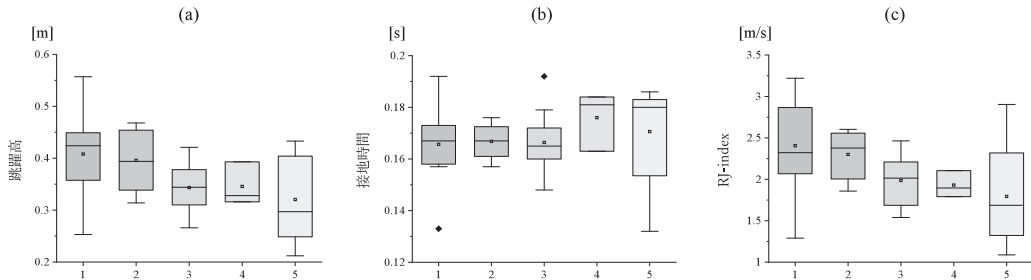


図6 ブロック毎のリバウンドジャンプ時の跳躍高, 接地時間およびRJ-index。
1: 短距離 (100, 200m), 2: 短距離 (400m), 3: 中長距離 (800m ~), 4: 跳躍, 5: 投擲

タがある実験参加者については2019年のデータを採用した。ブロックを示す数字は, それぞれ1:短距離 (100, 200m), 2:短距離 (400m), 中長距離 (800m ~), 4:跳躍, 5:投擲である。ブロックを要素としたウェルチの方法による分散分析の結果, 跳躍高, 接地時間, RJ-index 全てにブロックの影響は認められなかった。

4. コントロールテスト種目との相関関係

表3に, リバウンドジャンプ計測と同時期に行われた, 種々コントロールテストとRJ-indexとの関係をPearsonの相関係数で示す。スクワットとの間に有意な相関関係が認められ, パワークリーン, 立ち幅跳び, 立ち五段跳びとの

間に相関関係の傾向が認められた。

5. 当該年度ベスト記録との相関関係

図7に, RJ-indexと同年に計測した短距離ブロック選手の100m走と, 中長距離ブロック選手の1500m走のベスト記録の間の相関を示す。100m走のベスト記録は跳躍高, 接地時間およびRJ-indexのいずれとの相関関係も認められなかったが, 1500m走のベスト記録は跳躍高 ($r = -0.977$) とRJ-indexとの間に有意な相関関係 ($r = -0.898$) が認められた。

表3 RJ-indexとコントロールテスト種目との関係

	n	Pearson相関係数	有意確率
スクワット [kg]	24	0.520	p < 0.009*
パワークリーン [kg]	16	0.461	p < 0.072
デッドリフト [kg]	9	0.420	p < 0.261
立ち幅跳び [m]	27	0.336	p < 0.087
立ち五段跳び [m]	22	0.387	p < 0.075
メディシンボール前投 [m]	19	0.325	p < 0.175
メディシンボール後投 [m]	19	0.345	p < 0.149
加速走 [s]	6	0.030	p < 0.955
12分間走 [m]	9	0.154	p < 0.692

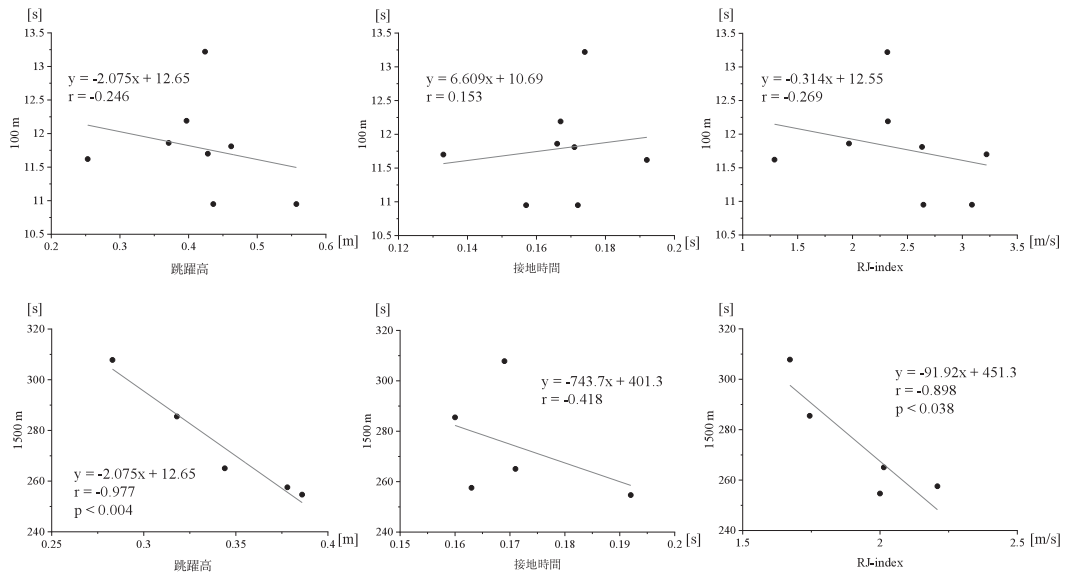


図7 リバウンドジャンプ時の跳躍高，接地時間およびRJ-indexと100m走，1500m走のベスト記録との関係。

考察

本研究の対象である大学陸上競技選手の2年にわたるトレーニング・練習の成果を，発揮パワーの観点から評価するため，リバウンドジャンプ計測を行った。全てのブロック選手をひとまとめに評価した結果，跳躍高に有意な差 (p

< 0.05) が認められたが，接地時間およびRJ-indexには認められなかった。通常，跳躍高と接地時間の間には相関関係が認められないため (図子，2017)，トレーニング効果として接地時間の変化が現れない (起こらない) 可能性もあり，今回のようにRJ-indexの変化も起こらないことは十分考えられる。また，図子ら

(1993)は陸上競技だけでなく、球技、武道を含む14種目の選手に対してドロップジャンプ、垂直跳び、スクワット姿勢による脚伸展のテストを行った結果、陸上競技の短距離と跳躍種目の選手はドロップジャンプにおけるパワー発揮にすぐれており、スケートやスキージャンプの選手はスクワット力にすぐれていたと報告している。一方、球技系選手は中間的で上記のような特徴は見られなかったと報告している。本研究の対象は、中長距離、投擲の選手も含まれており、対象全体でみると、トレーニング成果がリバウンドジャンプによるパワー発揮テストに現れなかったと考えられる。また、ブロック別の跳躍高、接地時間およびRJ-indexをみると、短距離ブロック(100m, 200m)のばらつきが大きく、このこともブロック間の差を曖昧にしている一つの原因と考えられる。一方、通常高い値を示すといわれる跳躍ブロックにおいて(図子他, 1993; 図子他, 2017), 中長距離ブロックと同程度の値であったことは、本研究の跳躍選手のパワー発揮能力が著しく劣っていたといわざるを得ず、対象が通常と異なった特徴を持った集団であったといえる。

コントロールテストとリバウンドジャンプとの関係では、フリーウエイトを用いた種目のうちのスクワットのみ有意な相関関係が認められたが、有賀(2017)はパワークリーンと、岩竹(2017)は立ち五段跳びとの有意な相関関係を報告している。ともにパワー発揮に関わる種目であるため、それぞれの能力がリバウンドジャンプ能力にも現れる可能性は考えられる。本研究でも5%水準の危険率でみると有意ではなかったが、それぞれ7~8%の確率であり、

nが増えると有意水準になる可能性のある相関傾向として認めてよいといえる。また、岩竹(2017)は、疾走距離が30mのときの疾走速度がRJ-indexとの間で有意な相関が認められると報告しており、本研究における加速走がこれにあたるが相関関係は認められなかった。一方が30m地点での速度、片方が30mの時間という違いが影響したかかもしれない。

100m走の記録とRJ-indexとの相関関係や、リバウンドジャンプパワーとスプリントランニングパワーや最高疾走速度との相関関係が認められるという報告があるが(岩竹他, 2002; 佐伯, 2017), 本研究においては100mの記録とRJ-index等のリバウンドジャンプ能力との間に相関関係は認められなかった。志方ら(2019)は、リバウンドジャンプはスプリント動作と異なり、片脚踏切動作と脚の入れ替え動作が含まれないため、そのような動作を組み合わせたりバウンドジャンプ・コンビネーションというドリルを推奨しているが、そのような動作技術が、相関関係に影響したかかもしれない。

中井(2017)は5分間の連続リバウンドジャンプという長時間のジャンプパワーと1500mの競技成績と相関関係を見いだしており、有賀ら(2018)は1500m走と5000m走の最高記録とRJ-indexの間に相関関係があると報告している。リバウンドジャンプのような瞬発力が、「スピード予備力」に影響し、中長距離種目におけるランニング効率に貢献するといわれており(佐伯, 2006; 2017), そういう意味で、本研究においてもリバウンドジャンプ能力と1500m走の記録に強い相関関係が認められたと考えられる。

参考文献

- 有賀誠司 (2017) トレーニングの評価におけるリバウンドジャンプ能力, 体育の科学, 67(4): 243-247.
- 有賀誠司, 加藤健志, 小山孟志, 積山和明, 藤井壮浩, 後藤太郎, 両角速, 西出仁明, 小澤翔, 生方謙 (2018) リバウンドジャンプ能力の競技別特性, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 30: 7-16.
- Asmussen, E., and Bonde-Petersen, F. (1974) Storage of elastic energy in skeletal muscles in man, *Acta Physiol. Scand.* 91: 385-392.
- Bobbert, M. R., Huijing, P. A., and Gerrit, J. van Ingen, S. (1987a) Drop jumping. I. The influence of jumping technique on the biomechanics of jumping, *Med. Sci. Sports Exer.*, 19(4): 332-338.
- Bobbert, M. R., Huijing, P. A., and Gerrit, J. van Ingen, S. (1987b) Drop jumping. II. The influence of jumping technique on the biomechanics of jumping, *Med. Sci. Sports Exer.*, 19(4): 339-346.
- Bosco, C., et al (1982) Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise, *Acta Physiol. Scand.*, 114: 557-565.
- Bosco, C., et al (1983) A simple method for measurement of mechanical power in jumping, *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 50: 273-282.
- 深代千之 (2017) 瞬発性運動におけるパワー評価, 体育の科学, 67(4): 221-225.
- 岩竹淳 (2017) 疾走能力に対するリバウンドジャンプ能力の位置付け, 体育の科学, 67(4): 232-237.
- 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: 253-261.
- Komi, P. V., and Bosco, C. (1978) Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women, *Med. Sci. Sports*, 10: 261-265.
- 中井聖 (2017) 大学生女子陸上中長距離選手における5分間の連続リバウンドジャンプの指標と1500mの競技成績の関係, 京都光華女子大学京都光華女子大学短期大学部研究紀要, 55: 53-60.
- 佐伯徹郎 (2006) 長距離走パフォーマンスとエネルギー代謝からみた「効率」との関係—効率の追求とより多くのエネルギー獲得の両立を考える—, *バイオメカニクス研究*, 10: 253-261.
- 佐伯徹郎 (2017) ランニングエコノミーとリバウンドジャンプ, 体育の科学, 67(4): 238-242.
- 志方亮一, 小田俊明, 筒井茂喜 (2019) 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, 兵庫教育大学学校教育学研究, 32: 107-113.
- 高松薫 (2017) リバウンドジャンプ能力評価に関する研究の概要とこれからの課題, 体育の科学, 67(4): 254-261.
- 関子浩二・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.
- 関子あまね, 荻山靖, 関子浩二 (2017) リバウンドジャンプテストを用いた跳躍選手の専門的な下肢筋力・パワーに関する評価, 体力科学, 66(1), 79-86.