

【原著論文】

跳躍テンポの変化がリバウンドジャンプに与える影響：
連続ジャンプ運動における接地時間・跳躍高・RJ-index の視点から

川端良介¹⁾，相馬優樹²⁾，大島義晴³⁾

The effect of change in jump cycle on rebound jump:
from the viewpoint of contact time, height of rebound jump, RJ-index in rebound jump
Ryosuke KAWABATA¹⁾, Yuki SOMA²⁾, Yoshiharu OHSHIMA³⁾

Abstract

Background: The tempo setting of jump training is one of the important exercise prescription factors for adjustment of exercise loads and prevention of injury etc.in the field of physical training and health promotion. But, there are few reports on the relationship between the Rebound Jump Index (RJ-index: height of rebound jump divided by the foot contact time. The index to evaluate the ability to exert large power in a short time from continuous jumping motion.) and the jumping tempo. Therefore, the most efficient jumping tempo for rebound jump training aimed at improving leg extension power has not been elucidated.

Purpose: This study investigated the optimal jumping tempo (OJT) affected by various exercise loads during continuous rebound jumping training. The OJT were examined based on foot contact time, the heights of rebound jump, and RJ-index.

Methods: Forty-one male students performed 12 rebound jumps, including two preliminary jumps. Their jump cycles varied between 70 and 180 bpm. The measurements of the most stable jump cycles from the average value of five consecutive jumps were analyzed relationship with jumping tempo.

Results: RJ-index was the peak at the jump cycle of 80-93 bpm and decreased when jump cycles diverged from 80-93 bpm.

Conclusion: Since the maximum value of RJ-index is expressed at 80-93 bpm, we think that we can demonstrate large power in a short time when performing rebound jump around this jump cycle. Therefore, the jump cycles at 80-93bpm could be the most effective OJT for improving the power of leg extensor movements.

Key words : jump cycle, rebound jump, RJ-index

キーワード：跳躍テンポ，リバウンドジャンプ，RJ-index

1)八戸工業高等専門学校 総合科学教育科

〒039-1192 青森県八戸市田面木字上野平 16-1

2)岩手県立短期大学部 生活科学科

〒020-0693 岩手県滝沢市菓子 152-52

3)東北女子大学 児童学科

〒036-8530 青森県弘前市清原 1-1-16

1. 序論

下肢筋群の伸張-短縮サイクル (stretch-shortening cycle : SSC) を利用した、なわとび運動や連続リバウンドジャンプ、ホッピングなどのジャンプトレーニングは、限られたスペースで行うことが可能である。また、この種のジャンプトレーニングは、跳躍テンポを変化させることで、エネルギー消費量 (榎木ほか, 1973 ; Jette et al., 1979 ; 黒田ほか, 1990 ; 丹羽ほか, 1960 ; 小川ほか, 1974 ; Quirk et al., 1982 ; Town et al., 1980 ; 山本ほか, 1978), 運動強度 (Myles et al., 1981), 地面反力 (山口ほか, 2000), SSC 運動 (山口ほか, 2002), トレーニング効果 (Jones et al., 1962) などに違いがでることが報告されている。そのため、現在、フィジカルトレーニングや健康づくりの現場において、ジャンプトレーニングのテンポ設定は、トレーニング強度の調節やケガの予防等のためにも重要な運動処方要因の一つであると考えられる。

しかし、跳躍テンポの変化による身体及び跳躍運動への影響を分析した研究はエネルギー消費量などの運動生理学的観点に基づくものや SSC 運動に関するものが多く、連続ジャンプ運動から短時間で大きなパワーを発揮する能力を評価するリバウンドジャンプ指数 (関子ほか, 1993) と跳躍テンポの関係を検討した報告はほとんど見られない。そのため、これらの関係を明確にすることにより、脚伸展パワーの向上を目的としたリバウンドジャンプトレーニングを行う上で最も効率の良い跳躍テンポの検討、また、跳躍テンポの変更により、運動強度・身体への負荷を調整できる可能性が考えらえる。

本研究では、跳躍テンポを規定した 6 種類 (70-180bpm) の連続リバウンドジャンプにおける、接地時間、跳躍高、リバウンドジャンプ指数 (以下 RJ-index とする) を算出し、跳躍テンポとこれらの値の関係を分析することで、脚伸展パワーの向上を目的としたリバウンドジャンプトレーニングにおける至適跳躍テンポについて考察した。

2. 実験方法

2.1 被験者

本研究の被験者は、八戸工業高等専門学校に在籍する男子学生 41 名 (年齢 16.7 ± 0.5 歳, 身長 170.3 ± 5.0 cm, 体重 64.6 ± 13.2 kg) である。また、八戸工業高等専門学校倫理審査委員会の承認を得た上で、規定に基づき事前に十分な説明を研究対象者に対して行い、書面にて参加の同意を得て実施した。

2.2 実験の手順と撮影方法

2.2.1 実験方法

被験者にはテンポを規定した 6 種類の連続リバウンドジャンプをテンポの早い順番から各 12 回行わせた。

本研究では、連続リバウンドジャンプを行うとき、被験者に腰に手を当て、腕の振り込み動作を用いないように指示した。また、実験場所は体育館を使用し、被験者のケガや疲労等を考慮し、十分なウォーミ

ングアップ後多くても1日2種類のジャンプを運動課題とした。

2.2.2 リズムの設定

実験ではメトロノーム (SEIKO 社製, SQ200) を使用し, 6 種類のテンポ (70, 80, 93, 111, 137, 180bpm) を設定した (表 1)。跳躍テンポは先行研究 (黒田ほか, 1990, p. 2) を参考に設定したが, 予備実験を行ったときに 70bpm より遅いテンポに関して, 運動課題を遂行できない被験者が多数出現したため, 最も遅いテンポを 70bpm に設定した。

表 1. 設定したテンポ (bpm, 秒/回)

bpm	70	80	93	111	137	180
秒/回	0.857	0.750	0.645	0.541	0.438	0.333

2.2.3 撮影方法

撮影条件は以下の通りである。リズムを規定したリバウンドジャンプの様子を被験者側方 15m の地点からハイスピードカメラ (CASIO 社製, EX-FH25, 露出時間 1/320 秒, 撮影速度 240fps) を設置し, 被験者の足元を撮影した (図 1)。

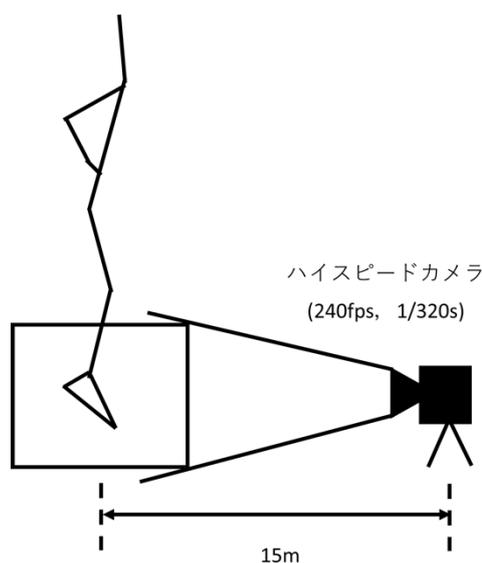


図 1. 実験機器の設定

2.3 解析の手順

撮影動画からリズムを規定したリバウンドジャンプの接地時間及び離地時間を測定し, 跳躍高, RJ-index, 及び, 跳躍時間を算出した。また, 跳躍高及び RJ-index, 跳躍時間は以下の式から算出した。

$$\text{跳躍高}(L) = gT_a^2 / 8 \quad \dots \dots (1)$$

$$RJ\text{-index} = L / T_c \quad \dots \dots (2)$$

$$\text{跳躍時間} = T_a + T_c \quad \dots \dots (3)$$

L : 跳躍高, g : 重力加速度, T_a : 滞空時間, T_c : 接地時間

また、本研究におけるリバウンドジャンプの解析は最初の 2 回を除き、連続する 5 回のジャンプにおける跳躍時間の平均が設定したテンポに最も近いジャンプを分析の対象とし、対象となった 5 回のジャンプの接地時間、跳躍高、RJ-index の平均値を各被験者の結果とした。

2.4 統計処理

各測定項目の値はそれぞれ平均値、標準偏差を算出した。また、テンポの速さによる被験者の接地時間、ジャンプ、RJ-index の違いを検討するため、テンポの速さを要因とした 1 要因の反復測定分散分析を行い、事後検定に Holm の方法を用いた。なお、統計解析には EZR (Kanda, 2013) を使用し、有意水準は危険率を 5% 未満とした。

3. 結果と考察

図 2～図 4 は跳躍テンポと接地時間、跳躍高、RJ-index との関係を示した。

接地時間は 111bpm と 137bpm の間以外の全てのテンポ間で有意差が認められており、テンポが速くなるにつれて短くなった (図 2)。山口ほか (2000, 2002) は跳躍高を規定したなわとび運動において、跳躍テンポが速くなるにつれ、接地時間も短くなることを報告している。本研究でも、跳躍高は規定しなかったが、同様の結果が得られた。

さらに、SSC 運動を利用したジャンプトレーニング等は筋の弾性エネルギーや伸張反射などの面から、接地時間を短くする必要があるとされている。そして、山口ほか (2002, p. 190) は、腱-弾性系関与の割合は跳躍テンポが 100bpm 以降、速くなるにつれて増加していると報告している。

本研究の結果から、テンポ以外に動作を規定しない連続リバウンドジャンプにおいて、跳躍テンポを速くすることで接地時間が短くなるように誘導できることが明らかになったため、幼少期等における SSC 運動の導入には跳躍テンポの速い連続リバウンドジャンプが利用できる可能性が示唆された。また、接地時間は跳躍テンポが遅いときにテンポ間の差が大きく、速くなるにつれて小さくなった。そのため、跳躍時間の調整はテンポが遅いときに接地時間、速くなると跳躍高で行っていると考えられる。

跳躍高は 70bpm と 80bpm, 70bpm と 93bpm の間以外の全てのテンポで有意差が認められており、80bpm 以上のテンポでは漸次低くなった (図 3)。また、RJ-index は 70bpm と 111bpm, 80bpm と 93bpm の間以外の全てのテンポ間で有意差が認められているため、80-93bpm で最大値が発現し、それ以降は漸次低くなった (図 4)。そのため、連続リバウンドジャンプにおいて、RJ-index が最大となる至適跳躍テ

ンポが存在し、80-93bpm 前後であることが示唆された。

黒田ほか（1990, p. 6）も男子大学生を対象とし、7種類（20-180bpm）の跳躍テンポに規定し、その場跳躍を行わせたときの酸素摂取量を測定した結果、110-130bpm 間に酸素摂取量及び心拍数が最大になると予測している。

一方、本研究の結果では、跳躍高は70-80bpm, RJ-index は80-93bpm において最大値が発現している。よって、連続リバウンドジャンプにおける酸素摂取量、跳躍高、RJ-index では最大値が発現する跳躍テンポに違いがみられることがわかる。

また、RJ-index の最大値は80-93bpm で発現したため、この跳躍テンポ前後で連続リバウンドジャンプを行うときに短時間で大きなパワーを発揮できると考える。このため、脚伸展パワーの向上を目的としたリバウンドジャンプトレーニングでは、80-93bpm 前後が至適跳躍テンポとなりうる可能性がある。

本研究では各被験者の最大努力における測定を行わなかったため、各テンポにおける接地時間、跳躍高、RJ-index が最大努力に対して、どの程度の割合になるかを検討できなかった。しかし、RJ-index は全てのテンポにおいて、国立スポーツ科学センター（online）が公開しているリバウンドジャンプテストの5段階評価の基準の最低評価である評価1(1.728)の50%以下の数値となった。国立スポーツ科学センターが行っているリバウンドジャンプテスト(online)は本研究の運動課題とは異なるため、単純な比較は不可能だが、連続リバウンドジャンプトレーニングにおいてテンポを規定することは運動強度の低下、身体への負荷を軽減させ、その結果トレーニング効果を小さくする可能性も示唆された。

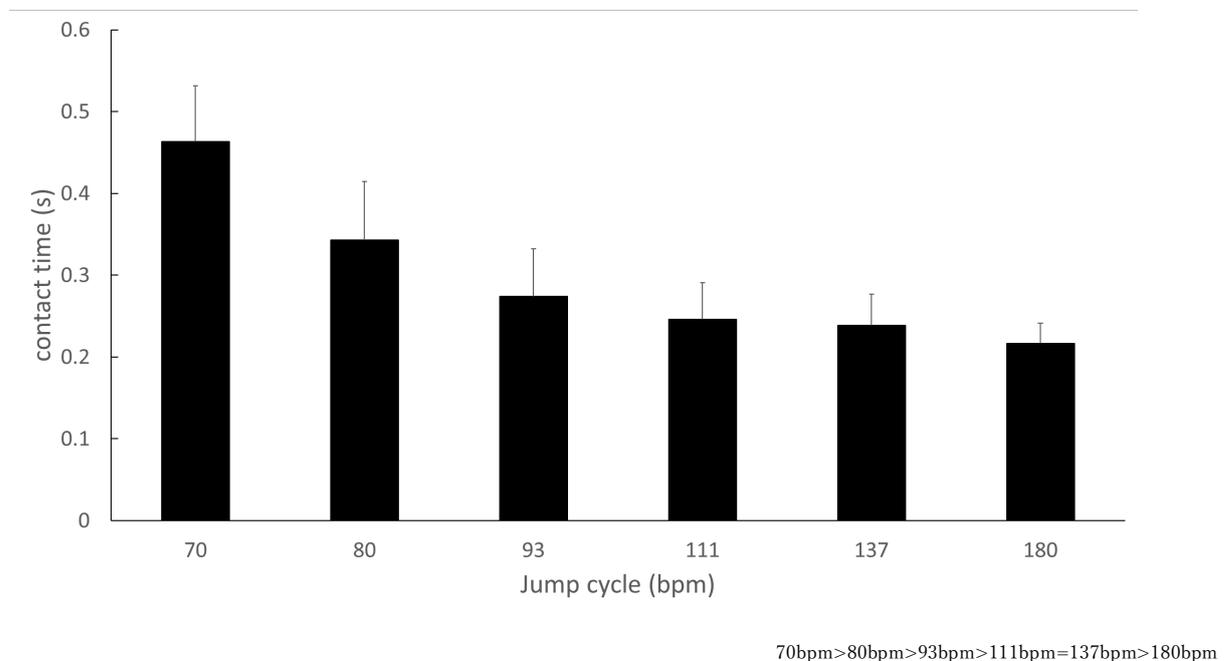


図2. 跳躍テンポと接地時間の関係

跳躍テンポの変化がリバウンドジャンプに与える影響

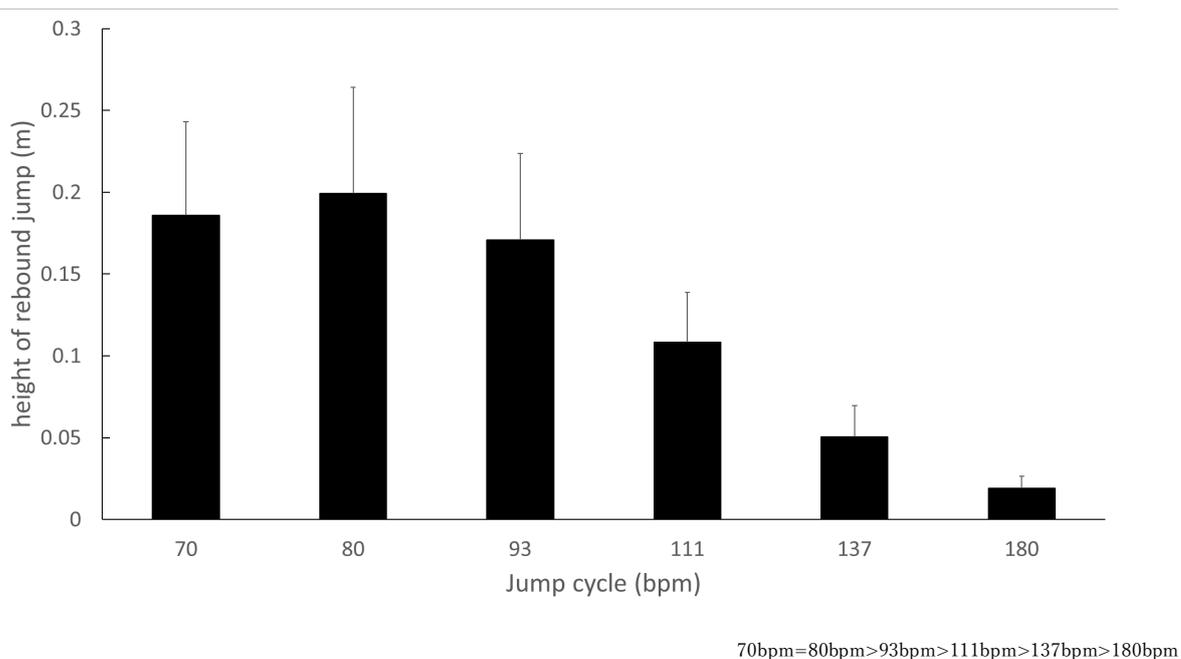


図 3. 跳躍テンポと跳躍高の関係

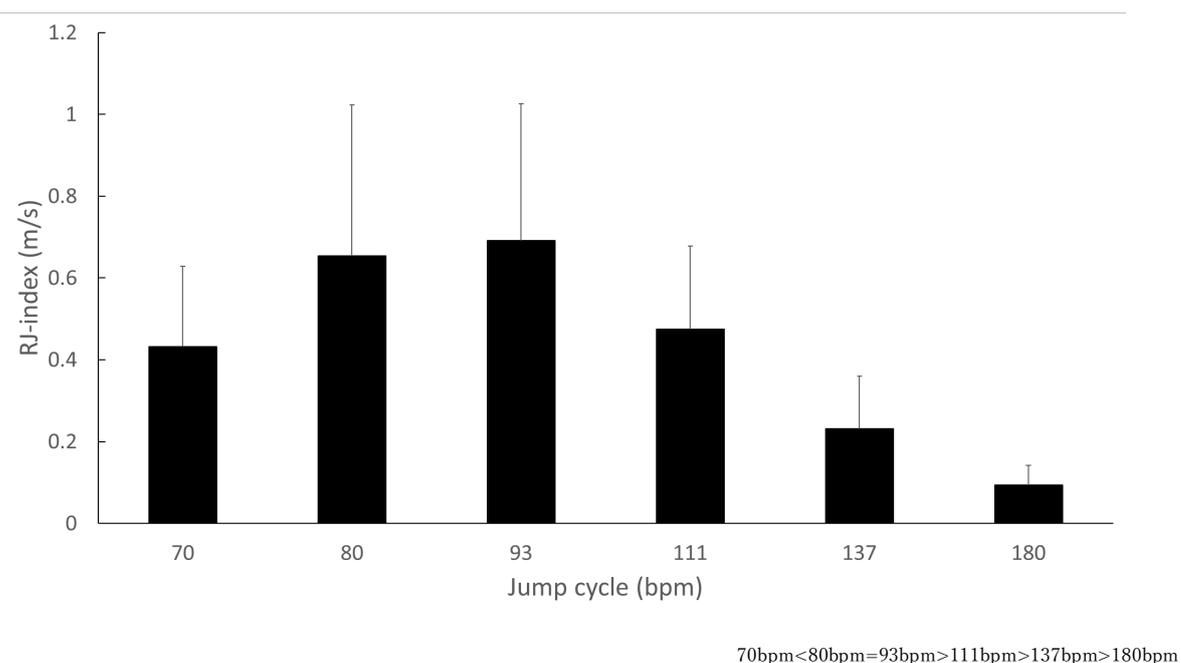


図 4. 跳躍テンポと RJ-index の関係

4. 結論

本研究では、跳躍テンポを規定した 6 種類 (70-180bpm) の連続リバウンドジャンプにおける、接地時間、跳躍高、RJ-index を算出し、跳躍テンポとこれらの値の関係を分析し、リバウンドジャンプトレーニングにおける運動負荷の至適跳躍テンポについて考察した。

その結果、接地時間は跳躍テンポが速くなるに伴って短くなり、跳躍高は、70-80bpm 以上のテンポでは

漸次低くなった。また、RJ-index はテンポが速くなるにつれて高くなり、80-93bpm で最大値が発現し、それ以降は漸次低くなった。そのため、連続リバウンドジャンプにおいて、RJ-index が最大となる至適跳躍テンポが存在し、80-93bpm であることが示唆された。また、RJ-index は跳躍高を接地時間で除した値であるため、この跳躍テンポ前後で連続リバウンドジャンプを行うときに最も短時間で大きなパワーを発揮できると考えられる。よって、脚伸展パワーの向上を目的としたリバウンドジャンプトレーニングでは、80-93bpm 前後が至適跳躍テンポとなりうる可能性がある。

SSC 運動を利用したジャンプトレーニング等は筋の弾性エネルギーや伸張反射などの面から、接地時間を短くする必要があるとされている。また、国立スポーツ科学センター (online) が公式サイト上で公開しているリバウンドジャンプテストでは測定時にできるだけ接地時間を短くするように指示している。通常の連続リバウンドジャンプでは接地時間と跳躍高は独立した要素であり (図子ほか, 1995), 接地時間を短くしても跳躍高は高くないが、テンポを規定したジャンプでは接地時間を短くすれば、跳躍高を高くする必要があるため、RJ-index も大きくなることが予想される。そのため、今回は連続リバウンドジャンプ中の跳躍テンポを変える運動課題を課したが、今後、それに加えて接地時間が短くなるように指示を出すことで接地時間、跳躍高、RJ-index がどう変化するかを検討したい。

文献

- 1)榎木繁男・渡部和彦・山地啓司・手塚政孝 (1973) なわとびの運動効果. 体育の科学, 23(6), 396-401.
- 2)Jette, M. Mongeon, J., and Routhier, R. (1979) The energy cost of rope skipping. Journal of Sports Medicine Physical Fitness. 19, 33-37.
- 3)Jones, D. M., Squires, C., and Rodahl, K. (1962) Effect of rope skipping on physical work capacity. Res. Quart, 33(2), 66-73.
- 4)Kanda, Y (2013) Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics. Bone Marrow Transplantation. 48, 452-458.
- 5)国立スポーツ科学センター：フィットネス・チェックマニュアル RJ (無酸素性パワー), https://www.jpnsport.go.jp/jiss/Portals/0/column/fcmanual/08_RJ.pdf(参照日 2018年9月26日)
- 6)黒田浩・小原繁・荒木秀夫・石原昭彦・松井敦典・三浦武・中村久子・佐竹昌之 (1990) 連続跳躍運動 (その場跳躍) における跳躍頻度と酸素摂取量の関係 (その 2), Journal of Health and Physical Education, University of Tokushima Vol.XXIII, 1-9.
- 7)Myles, W. S., Dick, M. R., and Jantti, R. (1981) Heart Rate and Rope Skipping Intensity. Research Quarterly for Exercise and Sports. 52(1), 76-79.
- 8)丹羽正・家治川豊・和久田賢夫 (1960) 各種スポーツの部分的動作に要するエネルギー消費について. 体力科学, 9(2), 57-64.

- 9)小川新吉・古田善伯・小原繁・小原達朗・大谷和寿・徳山薫平・古屋三郎 (1974) 縄跳び運動のエネルギー代謝について. 体力科学, 23, 89-95.
- 10)Quirk, J. E. and Sinning, W. E. (1982) Anaerobic and aerobic responses of males and females to rope skipping. American College of Sports Medicine, 14(1), 26-29.
- 11)Town, G. P., Sol, N., and Sinning, W. E. (1980) The effect of rope skipping rate on energy expenditure of males and females, 12, 295-298.
- 12)山口英峰・山元健太・宮川健・宮地元彦・小野寺昇 (2000) なわとびにおける跳躍周期の違いが床反力に及ぼす影響. 川崎医療福祉学会誌, 10(2), 329-333.
- 13)山口英峰, 山元健太 枝松千尋, 早田剛, 宮川健, 小野寺昇 (2002) なわとびにおける跳躍周期の差異がヒト下腿三頭筋の筋, 腱-弾性系に及ぼす影響. 体力科学, 51, 185-192.
- 14)山本博男・平下政美 (1978) 跳躍ペースからみた縄跳び運動. 北陸体育学会紀要, 18, 35-41.
- 15)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.
- 16)図子浩二・高松薫 (1995) バリスティックな伸張-短縮サイクル運動の遂行能力を決定する要因ー筋力および瞬発力に着目してー. 体力科学, 44, 147-154.

(2018年11月29日受付 / 2019年2月27日受理)