

## なわとび3回旋跳びの習得方法 —跳躍高と跳躍頻度を規定したホッピングエクササイズを用いて—

武田誠司, 永松幸一

国立都城工業高等専門学校

キーワード: SSC 運動, リバウンドジャンプ, 垂直跳, トレーニング

### 【要 旨】

なわとび運動の3回旋跳びは, 1回の跳躍中になわを3周回旋させる技である。3回旋跳びを連続で行なうことの難易度は高く, その習得方法は, ほとんど確立されていない。本研究では, 複数回の3回旋跳びを効率よく成功させるための習得方法を開発することを目的とした。実験1として, 3回旋跳びを安定的に行うことができる被検者(熟練者)を用いて, マットスイッチの上で3回旋跳びを行った。その時の跳躍高と接地時間を測定した。また, 熟練者の下肢のSSC運動の遂行能力の指標として, 5回連続のリバウンドジャンプ(5RJ)を測定した。実験2として, 3回旋跳びを完全に習得していない被検者(非熟練者)を用いて, 実験1で得られた3回旋跳びの跳躍周期を参考にして, 50回連続で両脚リバウンドジャンプを行うホッピングエクササイズ(HE)を行った。HEはメトロノームのテンポ音で跳躍頻度, 筒内ペンライト光の目視で跳躍高をそれぞれ規定して, 被検者に跳躍頻度と跳躍高を均一にしたホッピングを行わせた。熟練者は17回連続の3回旋跳びに成功した。その時の跳躍高と接地時間の平均値はそれぞれ $30.8\text{cm} \pm 1.7$ ,  $131.9\text{msec} \pm 7.6$ だった。熟練者の5RJでのRJindexは $3.06\text{m/s}$ , 接地時間は $130\text{msec}$ , 跳躍高は $39.8\text{cm}$ だった。非熟練者はHEを2回試行するトレーニングを1週間で3日行った。その結果, 4名全ての非熟練者は3回旋跳びの連続回数が増加した。非熟練者の中には, 3回から15回へ増加した者がいた。本研究で用いたホッピングエクササイズは, 3回旋跳びの習得に有用な方法であると考えられた。

スポーツパフォーマンス研究, 5, 55-63, 2013年, 受付日:2012年9月7日, 受理日:2013年1月16日  
責任著者:武田誠司 宮崎県都城市吉尾町473-1国立都城工業高等専門学校 takeda@miyakonojo-nct.ac.jp

-----

### **Method of learning the triple under technique in jump rope: Using hopping exercises to learn to control jumping height and frequency**

Seiji Takeda, Koichi Nagamatsu

Miyakonojo National College of Technology

Key words: SSC motion, rebound jump, vertical jump, training

**[Abstract]**

The triple under technique in jumping rope is a technique of rotating the rope three times in one jump. The more times triple unders are executed in a sequence, the higher the level of difficulty is. Until now, there has been no established method of learning this technique. The present study aimed to develop an efficient method for learning to do multiple triple unders. In Experiment 1, an expert athlete performed the triple under on a mat switch, and his jumping height and landing time were measured. Also, 5 consecutive rebound jumps (5R) were measured as an index of the SSC (Stretch Shortening Cycle) ability of his legs. In Experiment 2, 4 beginners at jump rope performed hopping exercises (HE), doing 50 consecutive rebound jumps with both legs using the jumping frequency of the triple unders from Experiment 1. The jumping frequency of the HE was regulated by the sound of a metronome, and jumping height was regulated by the flash of a tubular penlight, so that the participants would hop at a uniform jumping frequency and height. The expert athlete did 17 consecutive triple unders successfully. At that time, his average jumping height and landing time were  $30.8 \text{ cm} \pm 1.7$  and  $131.9 \text{ msec} \pm 7.6$ , respectively. The RJ [Rebound Jump] index of the expert athlete was 3.06 m/s; his landing time was 130 msec, and his jumping height, 9.8 cm. The beginners were trained 3 times a week, they did HE twice each time. After this training, the number of consecutive triple unders done by all 4 beginners increased, one of them from 3 to 15. These results suggest that the hopping exercise used in this study may be a useful method for learning to do triple unders.

## I. 目的

なわとび運動は、古くから健康・体力作りの手段として利用されてきた運動である。そして、なわとび運動は、なわの回旋運動を除けば、跳躍の実験動作で頻りに用いられるホッピング動作と同等であり(深代:1990)、下肢の筋・腱連合系を利用した Stretch-shortening cycle exercise( SSC 運動)の典型的運動であると考えられる。なわとび運動の中でも、3 回旋跳びは 1 回の跳躍中になわを 3 周回旋させる技であり、高く素早い跳躍運動を必要とする。したがって、連続での 3 回旋跳びの成功には、SSC 運動の遂行能力の良否が大きく影響している可能性があり、3 回旋跳びに適合した跳躍周期(接地時間と滞空時間)を安定的に遂行かつ持続できれば、3 回旋跳びを連続で行なえる可能性が高まると考えられる。

過去の報告によれば、榎木ほか(2005)は、2 回旋跳びが 20~30 回連続して跳べるような脚力がつくると 3 回旋跳びができるとしている。また、大塚・宮崎(2010)は、跳躍高を十分に確保した「ゆっくり 2 重跳び」の練習をすることで、踏切のタイミングや跳躍最高点でのなわの位置が改善され、3 回旋跳びの成功につながるとしている。しかし、連続した 3 回旋跳びの成功には至らなかったことから、3 回旋跳びを複数回連続で行なう能力・技術の習得方法は、ほとんど確立されていないと考えられる。

そこで本研究では、下肢の SSC 運動の観点から、3 回旋跳びの時間・空間的データを収集し、効率よく複数回の 3 回旋跳びを成功させるための習得トレーニング方法を開発することを目的とした。

## II. 方法

### 1. 実験1:熟練者による 3 回旋跳びの測定

3 回旋跳びの熟練者を用いて、3 回旋跳びの接地時間と滞空時間からなる跳躍周期を明らかにする。そして、熟練者の下肢の SSC 運動の遂行能力を明らかにすることを目的とした。

#### (1)被検者と測定方法

被検者は、3 回旋跳びを安定的に行なうことができる男性 1 名(熟練者:19 歳,身長:1.53m,体重:48.6kg)とした。被検者には、あらかじめ本研究の主旨と内容について説明し、実験参加の同意と了解を得るとともに、データ発表についての了解を得た。

熟練者は、体操や軽い跳躍などの十分なウォーミングアップを行なった後で、3 回旋跳びの試技をマットスイッチ(DKH 社:マルチジャンプテスト)の上で行なった。そして、3 回旋跳び試技中の跳躍高と接地時間を測定した。本実験での 3 回旋跳びの試技は、試技時間を 2 分間に設定し、時間内に行なわれた 3 回旋跳びのなかで、連続成功回数の多い試技を分析に採用した。2 分間の試技時間中であれば、失敗した場合には自由に再試行できるようにした。3 回旋跳びの試技測定は十分な休息を設けて、2 回の測定を行なった。

試技に用いたなわは、asics 社製 INF 公認 jumping rope を使用し、被検者の跳びやすいなわの長さに調整した。

## (2) 3回旋跳びの撮影

熟練者の3回旋跳びの試技を撮影した。映像は、被検者の右側方 5m の地点の地上 0.9m の高さに三脚を用いて床面に水平に設置したデジタルカメラ(CASIO EXILIM PRO EX-F1)で撮影した。フレームレートは 300f/s とした。

## (3) SSC 運動の遂行能力の評価

本研究では、垂直跳(VJ)およびリバウンドジャンプのパフォーマンスを最大の SSC 運動の遂行能力と定義した。垂直跳(VJ)およびリバウンドジャンプの跳躍高は、マットスイッチ(DKH 社:マルチジャンプテスタ)を用いて跳躍中の滞空時間(Air time :  $t_a$ )を測定し、次式[跳躍高(h)= $1/8 \cdot g \cdot t_a^2$ ]により算出した。また、リバウンドジャンプの接地時間(contact time :  $t_c$ )を測定し、リバウンドジャンプ指数(Rebound jump index: RJindex)(関子ほか,1993)を次式[RJindex=( $1/8 \cdot g \cdot t_a^2$ )/ $t_c$ ]により算出した。リバウンドジャンプは、腰に手を添えた両腕の振込動作を利用しない 5 回連続のその場での鉛直方向の連続ジャンプ(5RJ)とし、最も RJindex が高い値を示した跳躍を採用した。被検者には、「1 回目のジャンプを予備動作として、2 回目の跳躍から接地時間を短く、爆発的に高くジャンプする。」ことを指示した。また、被検者には、全ての項目について事前に練習を行なわせ、体育館シューズを着用させて体育館フロアで測定を実施した。

## 2. 実験2:非熟練者による習得トレーニング

実験1で得られた3回旋跳びの跳躍周期をもとに、3回旋跳びの非熟練者を対象とした習得トレーニングを行なった。習得トレーニング前後にSSC運動の遂行能力を測定し、習得トレーニングおよび3回旋跳びパフォーマンスとの関連を検討した。

### (1) 被検者

被検者は某高等専門学校の男子学生4名(非熟練者:16.6±0.2歳,身長:1.71±0.11m, 体重:59.3±4.4kg)とした。被検者は、実験の1カ月前の正課体育授業中に3回旋跳びを行なう課題を10分間行ない、連続成功回数3回以下の学生の中から、ボランティアで本実験に参加できる者を選出した。被検者には、あらかじめ本研究の主旨と内容について説明し、実験参加の同意と理解を得るとともに、データ発表についての了解を得た。

### (2) SSC運動の遂行能力の評価および3回旋跳びの試技

実験1と同様の方法で、最大のSSC運動の遂行能力の評価としてVJおよび5RJを3回旋跳びの習得トレーニング期間の前後にそれぞれ測定した。また、習得トレーニング期間後に3回旋跳びの試技を実験1と同様の方法で行ない、撮影も同様の方法で行なった。全ての測定において、被検者は体操や軽い跳躍などの十分なウォーミングアップを行なった。3回旋跳びの試技時間を2分間としたことは、本測定での試技そのものが、連続成功のトレーニングとなる影響を最小限にするためであった。

3回旋跳びの試技に用いたなわは、全被検者同じなわ(asics社製INF公認 jumping rope )を使用し、各被検者の跳びやすいなわの長さに調整した。

### (3)3回旋跳びの習得トレーニング

非熟練者4名は、実験1で得られた3回旋跳びの跳躍周期を習得するために50回連続で両脚リバウンドジャンプを行うホッピングエクササイズ(HE)を用いたトレーニングをマットスイッチの上で行った。

HEでは電子メトロノームのテンポ音で跳躍頻度、被検者の前方に置いた筒内のペンライト光を目視することで跳躍高をそれぞれ規定した(図1)。跳躍高の規定方法(武田ほか, 2010)は、被検者の前方4mの位置に内径15mm,長さ500mmの筒内に入れたペンライトを水平に設置し、設定された跳躍高まで被検者が跳び上がると筒内のペンライト光が見える手製の機器を用いて規定した。HEを始める前に、被検者には直立の姿勢での耳眼水平位の視線で筒内のペンライト光を目視で確認し、その高さを起点として設定する跳躍高の位置に筒内ペンライト光を調節した。

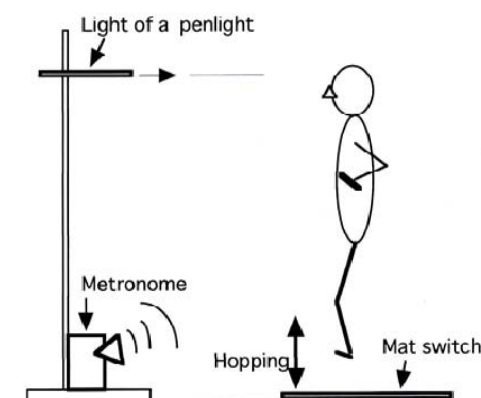


図1. ホッピングエクササイズ装置

HEの実施について被検者には、「テンポ音の発生と着地のタイミングを合わせることを第一に意識し、その上で、ジャンプした際の頂点で筒内の光が確認できるようにジャンプを各自で調整する。」という指示をした。さらに、HEの実施中には、被検者になわを取り外した跳びなわのグリップを保持させた。そして、「ホッピングに合わせて、なわを3周回旋させているイメージで、手首およびグリップの回旋動作を行なうこと。」という指示を与えた。習得トレーニングは1セッションでHEを2回実施し、1週間の期間で3日間行った。1週間のトレーニング期間中は、なわとびに類似するジャンプトレーニングを個人的・追加的に行なうことを禁止し、被検者は遵守した。

### (4)ホッピングエクササイズ(HE)の跳躍頻度と跳躍高の設定方法

実験1による熟練者の3回旋跳びの跳躍(接地時間:131.9msec, 滞空時間:501.2msec, 跳躍高30.8cm)を跳躍周期のモデルとした。跳躍高(h)を30.8cmとし、次式[跳躍高(h)= $1/8 \cdot g \cdot t_a^2$ ]を用いて滞空時間( $t_a$ )を算出した。そして、被検者(非熟練者)がHEトレーニング期間前に行なった5RJの

RJindex が最大値となった跳躍の接地時間( $t_c$ )から, 次式[跳躍頻度(Hz)= $1/(t_a+t_c)$ ]を用いて, HE の跳躍頻度を設定した.

### III. 結果

#### 1. 熟練者の3回旋跳びおよび, 5回連続のリバウンドジャンプ(5RJ)

熟練者は, 17回連続の3回旋跳びに成功した(動画1). その時の跳躍高, 接地時間, RJindexの平均値は, それぞれ $30.8\text{cm} \pm 1.7$ ,  $131.9\text{msec} \pm 7.6$ ,  $2.35\text{m/s} \pm 0.24$  だった. 本実験の被検者(熟練者)から得られた3回旋跳びの跳躍頻度は $1.6\text{Hz}$ だった. そして, 熟練者の5RJのRJindexは $3.06\text{m/s}$ (接地時間: $130\text{msec}$ , 跳躍高: $39.8\text{cm}$ )だった. 熟練者の3回旋跳びは最大努力での接地時間を示しながら, 跳躍高は, 5回連続のリバウンドジャンプ最大値の77%程度のジャンプパフォーマンスを示した.

#### 2. 非熟練者による習得トレーニングとトレーニング後の3回旋跳び

非熟練者4名は, トレーニング前に測定した5RJの接地時間で30cm程度の跳躍高を弾むHEを行った(表1).

表1. 未熟練者のHEトレーニングの設定跳躍高と跳躍頻度

| 被検者 | HE前5RJの<br>接地時間(msec) | HEトレーニングの<br>設定跳躍高(cm) | HEトレーニングの<br>設定跳躍頻度(Hz) |
|-----|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| A   | 167                   | 31                     | 1.5                     |
| B   | 143                   | 30                     | 1.6                     |
| C   | 173                   | 31                     | 1.5                     |
| D   | 133                   | 30                     | 1.6                     |

被検者は全てのHEトレーニングを, 下肢の怪我・筋腱の痛みおよび下肢の局所的な疲労困憊もなく, 意欲的に行なった. 各被検者のHEトレーニング前後の3回旋跳び回数, 5RJのRJindex, VJのデータを表2に示した. また, HEトレーニングでの跳躍高の推移の典型例を図2に示した. HEトレーニング期間後に試行した3回旋跳びでは, 全ての被検者で連続成功回数が増加した(図3). 被検者の中には, 15回連続の3回旋跳びに成功した例(動画2)と4回連続成功の事例(動画3)が確認された. しかし, 最大のSSC 運動の遂行能力である5RJのRJindex, VJの改善は認められなかった(図3).

表2. 未熟練者のHEトレーニング前後の3回旋跳びとSSC運動の遂行能力

| 被検者    | HE前の<br>3回旋跳び<br>(回) | HE後の<br>3回旋跳び<br>(回) | HE前5RJの<br>RJindex(m/s) | HE後5RJの<br>RJindex(m/s) | HE前<br>垂直跳(cm)   | HE後<br>垂直跳(cm)   |
|--------|----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|------------------|
| A      | 3                    | 15                   | 2.67                    | 2.50                    | 47.7             | 54.2             |
| B      | 2                    | 4                    | 2.96                    | 2.94                    | 45.0             | 49.2             |
| C      | 1                    | 2                    | 2.04                    | 1.94                    | 56.1             | 54.8             |
| D      | 0                    | 1                    | 2.35                    | 2.30                    | 57.1             | 55.3             |
| 平均値±SD | $1.50 \pm 1.29$      | $5.50 \pm 6.46$      | $2.51 \pm 0.40$         | $2.42 \pm 0.42$         | $51.48 \pm 6.03$ | $53.38 \pm 2.82$ |

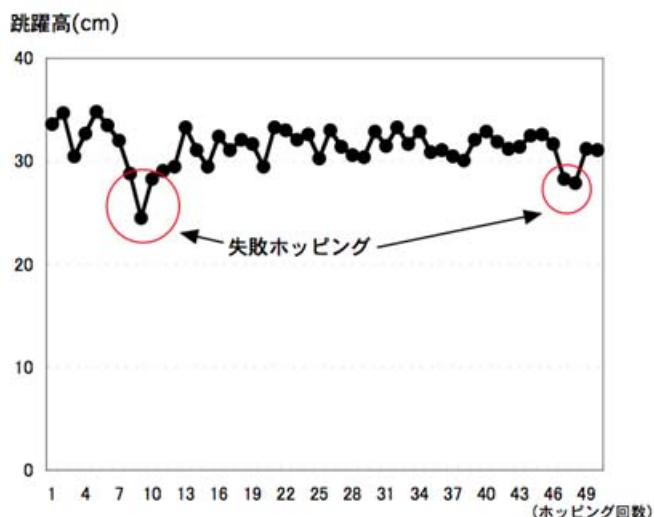


図2. ホッピングエクササイズの際の跳躍高の推移(典型例)

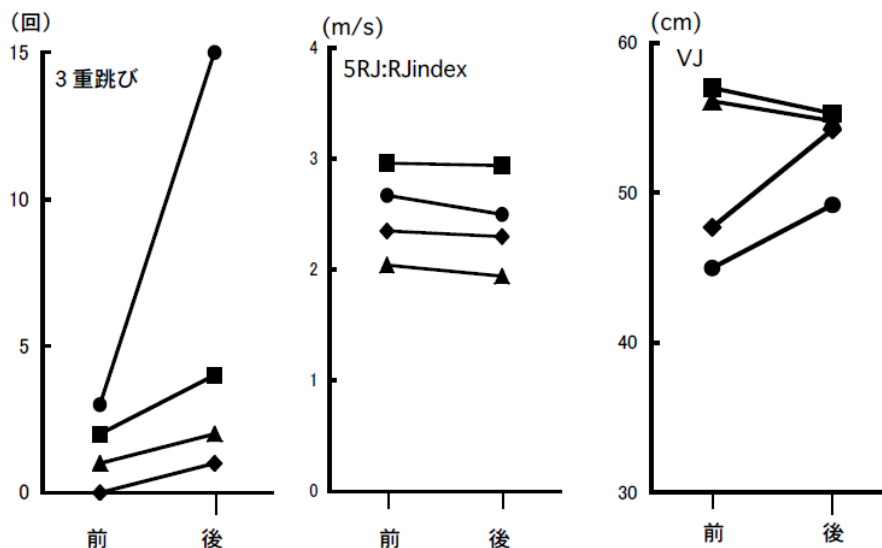


図3. トレーニング前後の3重跳び、RJindex、VJの変化

#### IV. 考察

##### 1. 熟練者より得られた知見

熟練者の3回旋跳び測定により、平均的な跳躍周期は接地時間が131.9msec、滞空時間が501.2msecであり、跳躍頻度は1.6Hzであることが判明した。北川(1987)のなわとび熟練者3名を被検者として前方3回旋とびの画像分析を行なった研究によれば、接地時間は120msec、滞空時間が550msec、跳躍時間が670msecであるとしている。被検者の熟練レベルあるいは分析方法による違いと考えられるが、本研究のデータと比べて僅かな跳躍周期の違いが見られた。

そして、本研究の3回旋跳びは、事前に測定した5RJを用いたSSC運動の遂行能力の接地時間と比較して、筋神経系要因については、最大努力でのパワー産出が行なわれていることが推察された。また、

17回連続の3回旋跳び中の各跳躍から得られたリバウンドジャンプのパワーであるRJindexは、平均値で2.35m/sであり、最低値でも1.94m/sで3回旋跳びが行なわれていた。連続での3回旋跳びを成功させるには、最低でもリバウンドジャンプのパワー(RJindex)で1.94m/sを持続させるばね能力が必要であると考えられた。

## 2. ホッピングエクササイズ(HE)の効果について

本研究で用いたHEの設定方法は、熟練者の3回旋跳びでの跳躍高の平均値(30.8cm)をモデルとして、跳躍頻度を設定している。本実験では、4名の被検者はHEを週に3日の頻度で行なった結果、全ての被検者で3回旋跳びの成功回数が増加した。しかし、回数増加に差異が生じた。図子・高松(1996)によれば、リバウンドジャンプにおいて接地時間を短くする要因として、着地に対する時間的・空間的予測、着地前の筋の予備緊張状態および着地動作の改善を挙げている。本研究のHEにおいては、3回旋跳びの連続跳躍をシミュレーションしたリバウンドジャンプを行なう中で、3回旋跳びの跳躍周期を学習し、跳躍のリズムやタイミングを予測・習得することで連続跳躍のパフォーマンスを安定させる狙いがあった。それは、下肢の筋・腱連合系の活動の視点から見ると、地面に接地する時の緩衝動作や伸張局面から短縮局面への切り替え動作などの筋神経系の適応をめざすものであるが、本研究の被検者の3回旋跳びのパフォーマンスから推察すると、1週間のHEトレーニングの効果に差はあるが、各被検者それぞれに適応を果たしたと考えられた。HEの具体例としては、図2に見られるように、HEの50回連続ホッピング中には、跳躍のバランスを崩すこともあった。筋神経系における最大努力を持続してのホッピングトレーニングであるので、高い調整能力を必要とする事が推察された。

一方、HEトレーニング前後の5回連続のリバウンドジャンプのパワー(RJindex)と垂直跳(VJ)の記録に改善は認められなかった(図3)。本研究では、トレーニング期間・頻度ともに少なかったために、下肢の最大筋力の増加や最大努力でのSSC運動の遂行能力の改善には結びつかなかったと考えられる。

したがって、本研究で3回旋跳びの成功回数が増加した要因は、3回旋跳びの動作様式に特化した連続跳躍を学習し、筋腱連合系の適応により安定的に連続跳躍ができるようになったことであると考えられる。

## 3.3 3回旋跳びに必要な体力要因、技術要因について

本研究の比較的最大のSSC運動の遂行能力が低かった被検者(RJindex:1.94m/s)の跳躍は、あきらかに2回が精一杯の3回旋跳びだった。弾む能力での限界が感じられた一例であった(動画4)。本研究の3回旋跳びの事例を観察して、体力要因として、2.35~1.94m/sのRJindexが必要であると考えられた。

しかしながら、なわとび運動は、なわをまわす動作と跳躍動作の複合した運動であり、特に3回旋跳びにおいては、なわを素早く回旋させる技術となわの回旋と跳躍周期を適合させる高い調整能力が必要であると考えられる。そのことについて、北川(1987)は、3回旋跳びのなわの撓り(しなり)に着目し、1



周目の回旋から3周目までの各回旋でなわの撓りに違いが見られ、グリップの切り返しや手首の動きで、なわの速度の調整が行なわれていることを示している。

しかしながら、本研究においては、被検者に対して、なわをまわす指導を行なわなかった。そのために、成功回数が1回にとどまったと考えられる被検者も観察された(動画5)。なわを素早く回旋する技術の習得方法については、今後の検討が必要である。

## V. まとめ

本研究では、3回旋跳びに関して2つの実験を行ない、以下の知見を得た。

1. 3回旋跳びの跳躍周期は、接地時間が131.9msec、滞空時間が501.2msecであった。1.6Hzの跳躍頻度で行われていた。
2. 本研究で用いたHEでトレーニングを行なった被検者4名は、成功回数が増加した。その中には、3回から15回へ大幅に成功回数が増加した被検者がいた。HEを用いたトレーニングは、連続3回旋跳びの習得トレーニングとして効果的であることが示唆された。
3. 3回旋跳びの連続成功のための体力要素としては、リバウンドジャンプのパワーが最低でもRjindexで2.35~1.94m/s必要であることが判明した。

以上のことから、本研究のHEでトレーニングすることは、3回旋跳び習得の一方法として有効であると考えられた。特に、リバウンドジャンプのRjindexが1.94m/s以上を示す者にとっては、持続的・均一なホッピングの学習方法として本研究で用いたHEを行なうことは有効であると考えられた。

本研究の事例は、プライオメトリックトレーニングの一手段として、3回旋跳びをトレーニング現場で導入する際、あるいは、教育現場で3回旋跳びを教材として導入する際の参考知見となると考えられた。3回旋跳びで複数回の連続跳躍運動を行なうことができるようになれば、楽しさや達成感を得ながらトレーニングできるものと考えられる。

## VI. 参考文献

- ・ 榎木繁男・岡野進・和中信男(2005) 誰でもできる楽しいなわとび. 大修館書店 pp34.
- ・ 深代千之 編著(1990)跳ぶ科学. 大修館書店 pp.150.
- ・ 北川淳一(1987) なわとび運動に関する基礎研究. 鹿屋体育大学研究紀要 2: 61-66.
- ・ 大塚隆・宮崎彰吾(2010) なわとび運動における三重跳びの指導方法に関する研究～「ゆっくり二重跳び」による動きの変化～. 日本スポーツ方法学会第21回大会号 pp24.
- ・ 武田誠司・石井泰光・山本正嘉・図子浩二(2010) 長距離ランナーにおけるランニングと連続跳躍による経済性の関係. 体力科学 59(1): 107-118.
- ・ 図子浩二・高松薫(1996) ”ばね”を高めるためのトレーニング理論. トレーニング科学 8: 7-16.
- ・ 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筋力およびパワー発揮に関する特性. 体育学研究 38: 265-278.