







120fpsで撮影



表 3 各得点と各跳躍安定性指標との相関関係

|                     | 演技点        | 難度点        | 跳躍時間点      |
|---------------------|------------|------------|------------|
|                     | r          | r          | r          |
| 移動距離 (D)            | -0.57 *    | -0.30 n.s. | -0.26 n.s. |
| 移動距離の前後成分 (D_x)     | -0.53 n.s. | -0.41 n.s. | -0.31 n.s. |
| 移動距離の左右成分 (D_y)     | 0.05 n.s.  | 0.22 n.s.  | 0.11 n.s.  |
| 中心からの距離 (DC)        | -0.72 **   | -0.30 n.s. | -0.33 n.s. |
| 中心からの距離の前後成分 (DC_x) | -0.70 **   | -0.44 n.s. | -0.41 n.s. |
| 中心からの距離の左右成分 (DC_y) | -0.08 n.s. | 0.33 n.s.  | 0.24 n.s.  |

p<0.01: \*\* p<0.05: \*

#### IV. 考察

##### 1. 上位群と下位群の比較

跳躍高は上位群 331.7±15.9cm に対し下位群では 281.9±32.5cm、また、難度点は上位群 14.6±1.4 点に対し、下位群では 10.4±2.5 点と有意な差が認められ(表 1)、上位群が高い跳躍高の中で難しい技を行っていることが示された。

高い跳躍のためには、ベッドからの大きな反力を得る必要がある。また、回転の数が増えるような難度の高い技を行うためには、モーメントアームとベッドからの反力で生み出される大きな回転の力(モーメント)を得る必要がある(図 2)。本研究では実際にベッドからの反力データは計測していないが、上記の理由から、上位群はベッドから大きな反力を受けていることが考えられる。そのため、仮に上位群と下位群が同じ跳び出し角度であったとすると、上位群のほうが移動距離は増える計算になる(図 3)。しかし、上位群の移動距離と中心からの距離の左右成分以外は下位群に比べて有意に少なかった(表 2)。つまり上位群は、左右方向以外で下位群より跳び出し角度がより垂直に近く、安定した跳躍を行っていることが分かり、左右方向以外のパラメータはハイパフォーマンス獲得のために必要な指標であることが明らかとなった。

一方、左右成分については、有意な差は認められなかった(表 2)。左右への移動が発生する力学的要因は、主に跳躍直後(10 本毎)の技における捻りにあると考えられる。跳躍直後に体を捻る方法の 1 つとして、ベッドから受ける反力による捻りのモーメントの利用が考えられる。その方法には左右それぞれの足部に加わる反力の水平面成分で偶力を生み出す場合(図 4 の A)と、反力ベクトルの水平面成分と重心位置によってモーメントアームを作る場合(図 4 の B、C)がある。このうち、図 4 の B のように、力の水平面成分の前後成分を用いて捻ろうとすると、身体重心を左右方向にずらす必要がある。そのためには体を側方に傾けた状態で跳躍しなければならず、左右方向への姿勢が崩れる要因となりうる。また、図 4 の C のように、左右成分を用いて捻ろうとすると、反力の左右成分を大きく発生させざるを得ない。これらのことから、跳躍直後の捻り技の回数や捻り自体の回数が多いと、左右方向への身体

の移動が発生しやすくなると考えられる。表 4 に、上位群と下位群における演技構成の一例を示した。跳躍直後の技における捻りの回数(宙返り 1 回目の捻り回数)の合計が上位群の例が多いことが分かる。実際に宙返り 1 回目の捻り回数の合計を両群で比較したところ、上位群において有意に回数が多いことが認められ(上位群  $4.4 \pm 1.0$  回、下位群  $2.7 \pm 1.1$  回  $p < 0.01$ )、上位群が跳躍直後の技により多くの捻りを取り入れていることが分かった。よって、ハイパフォーマンスを発揮している選手は跳躍直後の捻り技をより多く繰り返す中で、左右方向の姿勢の安定性や移動を制御し切れていないことが示唆された。

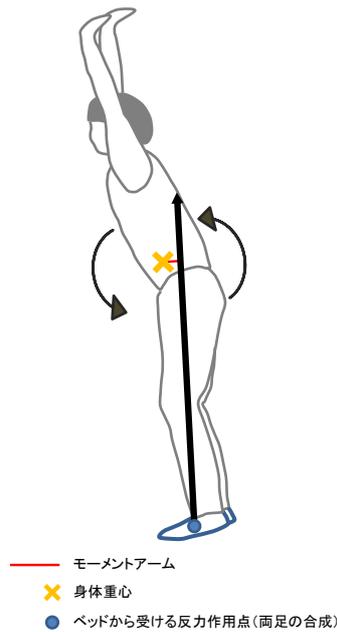


図 2 矢状面における跳躍時の力学的要素(前方回転の場合の模式図)

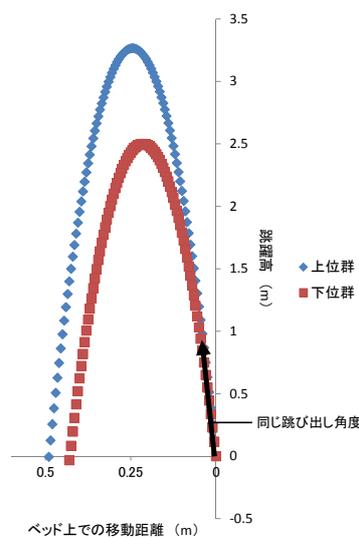


図 3 同じ跳び出し角度の場合の上位群と下位群の模式的な軌跡の差

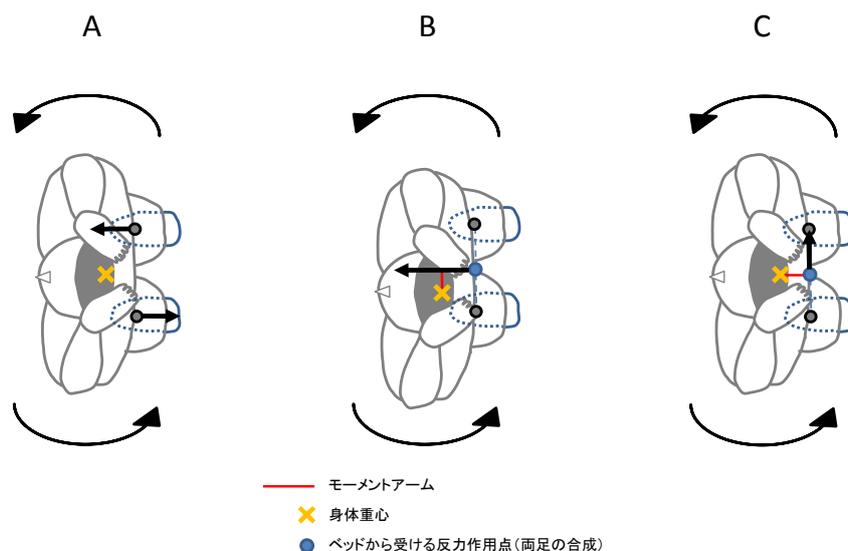


図4 水平面における跳躍時の力学的要素(前方回転の場合の模式図)

表4 上位群と下位群の演技構成の一例

| 上位群の演技構成の1例 |       |        |        |        |    | 下位群の演技構成の1例 |       |        |        |        |    |
|-------------|-------|--------|--------|--------|----|-------------|-------|--------|--------|--------|----|
| 回転方向        | 宙返り回数 | 捻り回数   |        |        | 姿勢 | 回転方向        | 宙返り回数 | 捻り回数   |        |        | 姿勢 |
|             |       | 宙返り1回目 | 宙返り2回目 | 宙返り3回目 |    |             |       | 宙返り1回目 | 宙返り2回目 | 宙返り3回目 |    |
| 前           | 3     | 0      | 0      | 1/2    | 屈伸 | 前           | 2     | 0      | 1/2    | -      | 屈伸 |
| 後           | 2     | 1/2    | 1/2    | -      | 屈伸 | 後           | 1     | 0      | -      | -      | 伸び |
| 前           | 2     | 0      | 1・1/2  | -      | 屈伸 | 前           | 2     | 0      | 1/2    | -      | 抱え |
| 後           | 2     | 1/2    | 1・1/2  | -      | 抱え | 後           | 2     | 1/2    | 1/2    | -      | 屈伸 |
| 前           | 2     | 0      | 1・1/2  | -      | 抱え | 前           | 2     | 1      | 1/2    | -      | 伸び |
| 後           | 2     | 1/2    | 1・1/2  | -      | 屈伸 | 後           | 2     | 0      | 0      | -      | 抱え |
| 前           | 2     | 1      | 1/2    | -      | 屈伸 | 前           | 1     | 1/2    | -      | -      | 屈伸 |
| 後           | 2     | 1      | 1      | -      | 抱え | 後           | 1     | 0      | -      | -      | 抱え |
| 前           | 2     | 0      | 1/2    | -      | 伸び | 前           | 1     | 1/2    | -      | -      | 抱え |
| 後           | 2     | 1      | 2      | -      | 伸び | 後           | 2     | 0      | 0      | -      | 伸び |

## 2. 難度点、演技点、跳躍時間点との関係

総合点を構成する各点数と跳躍安定性の指標との相関を分析した結果、演技点においてのみ、D、DC、DC<sub>x</sub> との間に関連が認められた(表 3)。これは、跳躍中の移動距離や中心からの距離が少なければ、高い演技点が得られるということである。演技点は、明らかにジャンピングゾーンから出た場合に 0.1 ポイント減、ジャンピングゾーン外からジャンピングゾーン外へ跳躍した場合に 0.2 ポイント減となる(Trampoline Code of Points 2013-2016, 2013)ため、接地位置に少なからず影響を受けると考えられる。特に DC<sub>x</sub>のような前後方向の接地位置は、真横から見ている審判からも認識しやすく、得点に反映されやすい可能性がある。よって、審判に好印象を与え、高い演技点を得るためには、空中での技の出来栄とともに、前後方向の接地位置を中心に留めながら跳躍することも必要であると考えられる。

また、D<sub>y</sub>、DC<sub>y</sub>においては、難度点、跳躍時間点のみならず、演技点との間にも関係性が認められ

なかった(表 3)。本研究結果から、特に上位群では左右成分の距離は前後成分の距離に比べて小さいが、標準偏差は大きいことが明らかとなっている(表 2)。つまり、左右成分の距離はレベルの差によるものではなく、個人差が大きいものであるために、得点との関係が低いという結果が得られたと考えられる。

### 3. 2つの分析からのまとめ

ハイパフォーマンスを示した選手は、高い跳躍、高難度の技を行っているにも関わらず、D、D<sub>x</sub>、DC、DC<sub>x</sub>の値が少なかった。また、これらの指標の中で特にD、DC、DC<sub>x</sub>は演技点と相関があることが認められ、実際の得点に結びつく非常に重要なパラメータであることが示された。

よって、跳躍安定性指標として重要な値は、移動距離や中心からの距離の、特に前後成分であることが明らかとなった。

## V. 10本連続ストレートジャンプ測定に評価指標を取り入れた実践報告

### 1. 測定実施

本研究において、移動距離や中心からの距離は、跳躍安定性を評価する指標として扱うことができると考えられた。そこで、K 高校トランポリン部の練習において定期的に行われている10本連続ストレートジャンプの測定時に、本研究で定義した跳躍安定性指標(D、D<sub>x</sub>、DC、DC<sub>x</sub>)を図1と同様の方法で測定し(写真1)、跳躍高とともに跳躍安定性のパフォーマンス指標としてフィードバックした。実施した時期と人数は2012年11月28日～2013年2月27日の約3ヶ月間に3名、また、2013年4月16日～2014年1月14日の約9ヶ月間に4名とした。また、その期間中、跳躍安定性を高めるために次の項に示すトレーニング指導を実施し、効果の検証を行った。



写真1 測定の様子

### 2. トレーニング内容

跳躍安定性の向上を目的としてトレーニングを取り入れ(写真2)、トレーニング期間(3か月もしくは9か月)の前後で2回測定を行い、効果の検証を行った。

ストレートジャンプが安定している選手は「背筋に力を入れる」、「腹筋に力を入れる」、「胸は真っ直ぐ前に向ける」など、体幹の垂直方向の姿勢の維持を意識しているという報告がある(山崎ら, 2001; 山崎ら, 2002)。

また、実際の競技中は、次の技への準備として上肢を拳上しながら跳躍する。その際、上肢と体幹さらには下肢を含めてストレートラインを作ることが安定した跳躍を行う条件であると考えられる。理学療法士の視診、触診により選手の静的アライメントを評価した結果、過剰な胸椎の後弯、腰椎の前弯が多く

の選手に見られた。過剰な胸椎の後弯は上肢の拳上を妨げるため、少しでも上肢を空間に対して垂直に保つための代償動作として腰椎の前弯が発生する可能性が考えられる。すると、さらに腰椎の前弯を助長することとなり、ストレートラインから逸脱してしまう。よって、胸椎伸展の可動域を広げるとともに体幹の固定性を高めることが、代償動作のないストレートラインを保つために必要であると考えた。

そのためトレーニングは、①「体幹の垂直性保持」、②「ストレートラインでの跳躍・着地」を目指したものを中心に実施し、さらには③「下肢アライメントの直立化」のためのトレーニングも合わせて実施した(図 5)。胸椎伸展運動、肘立て伏臥は①②を、カーフレイズは③を、両下肢スクワット、ラテラルジャンプは①②③を目的としたものである。

まず、胸椎伸展の可動域を広げるため、タオルを用いたストレッチや、能動的に胸椎を伸展させる運動を取り入れた。この際、腰が反らないように若干骨盤を後傾させた状態で力を入れて固定し、競技中の姿勢に近付けることを意識させた(図 5 左上)。

また、体幹の固定性を高めるため、肘立て伏臥の運動を実施させた。腕や脚の拳上時もストレートラインの姿勢を崩さないように、さらには左右均等に姿勢を保持するよう意識させた(図 5 中上)。

さらに、ベッド接地時の足部の固定性を向上させるため、カーフレイズを取り入れた。トランポリンの跳躍時の足部の状態を考慮し、若干の背屈位から開始させ、回内・回外を抑えながら行わせた(図 5 左下)。

上記のトレーニングで高めた体幹の固定性を保持しながら実際の動作をスムーズに行わせるため、上肢拳上位でのスクワットを実施させた。体幹を固定し、胸椎の伸展、腰椎のニュートラルポジションの保持を意識しながら動作を行わせた(図 5 中下)。

加えて、左右方向の跳躍安定性の向上も目指し、ラテラルジャンプを取り入れた。跳躍時、着地時ともに膝が内側や外側に移動することなく、下肢アライメントを直立に保つよう意識させた(図 5 右)。

これらのトレーニングをトランポリンの通常練習の時間内に取り入れることとした。K 高校トランポリン部の練習は、1 台のトランポリン台に対して 5~7 名の部員が順番に練習を行うものであった。そのため、練習の順番が回ってくるまでに 10 分程度の空き時間が発生する。トレーニングはその空き時間を利用した補助的な運動という位置付けで実施させた。実施したトレーニングの頻度や強度は、練習の内容や空き時間の状況に合わせ、個人の裁量の中で実施させた。



写真 2 トレーニングの様子



図 5 跳躍安定性の向上を目指した主なトレーニング内容

### 3. 結果と考察

表 5 に測定・トレーニングに参加した選手 7 名の跳躍安定性の変化を示した。実施した期間の中で、中心からの距離、中心からの距離の前後成分の値が有意に向上していた。また、有意差はなかったものの、移動距離は 7 名中 4 名が、移動距離の前後成分は 7 名中 6 名が向上しており、跳躍安定性向上を狙ったトレーニングの効果があったことが示された。ドロップジャンプのような着地後即座に跳躍に移る動作では、着地局面で体幹を安定させる必要があることが知られている(河端ほか, 2008)。また、体幹スタビライゼーショントレーニングによって、ドロップジャンプやリバウンドジャンプのパフォーマンスが向上したという報告(橋本ほか, 2011)もある。このことから、体幹の安定化は跳躍安定性や跳躍高の向上に貢献するものと考えられる。本研究では、体幹の安定化を図るため肘立て伏臥を取り入れた。さらには、ストレートラインでの跳躍姿勢を作るために胸椎伸展運動やスクワットなどを実施する際も、体幹を固定しながら行うことを意識させた。その結果、10 本連続ストレートジャンプのような連続した跳躍時のパフォーマンスを向上させたものと考えられる。特に改善が認められたのは、移動距離の前後成分や中心からの距離の前後成分であった。本研究結果から、これらの項目は高パフォーマンス発揮のために必要なものであることが分かっている。従って、本研究で実施したトレーニングは、着地局面における体幹の安定性を向上させ、特にパフォーマンスと関係の深い前後方向の跳躍安定性を向上させたものと考えられる。

一方、移動距離の左右成分や中心からの距離の左右成分では、有意な向上が認められなかった。

左右方向の跳躍安定性の向上を目指したものとして、ミニハードルを用いたラテラルジャンプを指導の中に組み入れていた。しかしながら、トレーニング期間後の指導者や選手の聞き取りによると、普段の練習の中で、ラテラルジャンプに多くの時間を取ることができなかったことが分かった。そのため、左右方向の跳躍安定性の向上に顕著な効果が認められなかったものと考えられる。

跳躍時間については、有意な差が認められなかった(表 6)。これは、跳躍安定性のトレーニングと並行して、純粋に跳躍高を高めるようなバリスティックなトレーニングを効果的に行うことができなかった、もしくは、測定の際に安定性を意識したため、思い切って高さを生み出す跳躍ができなかったことなどが考えられた。しかし、跳躍時間に変化がなく、中心からの距離が有意に少なくなったという結果を総合的に評価すると、トレーニングによって跳躍安定性が向上したと考えることができる。

表 5 トレーニング前後の跳躍安定性指標の変化

|                     | トレーニング前     | トレーニング後              |      |
|---------------------|-------------|----------------------|------|
| 移動距離 (D)            | 38.9 ± 8.0  | 36.6 ± 8.5           | n.s. |
| 移動距離の前後成分 (D_x)     | 32.7 ± 5.7  | 30.6 ± 8.0           | n.s. |
| 移動距離の左右成分 (D_y)     | 15.5 ± 5.1  | 13.6 ± 3.3           | n.s. |
| 中心からの距離 (DC)        | 46.6 ± 10.8 | 35.9 ± 6.9           | *    |
| 中心からの距離の前後成分 (DC_x) | 40.3 ± 12.2 | 31.2 ± 7.4           | *    |
| 中心からの距離の左右成分 (DC_y) | 17.1 ± 7.2  | 13.0 ± 2.8           | n.s. |
| 単位は(cm)             |             | p<0.01: ** p<0.05: * |      |

表 6 トレーニング前後の跳躍時間の変化

|        | トレーニング前    | トレーニング後              |      |
|--------|------------|----------------------|------|
| 跳躍時間   | 19.0 ± 0.5 | 18.9 ± 0.7           | n.s. |
| 単位は(秒) |            | p<0.01: ** p<0.05: * |      |

このように、練習時に跳躍安定性を示す指標を測定し、定期的に評価することにより、ストレートジャンプの安定性を客観的に捉えることができ、トレーニング効果も定量的に示すことができた。本研究で用いた跳躍安定性の指標は、選手のパフォーマンスレベルを知るため、また、今後のプログラム作成のための重要な情報として活用できるものと考えられる。

## VI. 本研究の課題と発展

本研究では高校生のデータを用いたが、今後はより多くのレベルの選手のデータを収集し、跳躍安定性を評価する指標の妥当性を高めていく必要がある。

また、本研究では 10 本連続ストレートジャンプの測定時に、特に明確な口頭指示を決めず、“最大

努力で”跳躍するように伝えた。しかし、実際の競技場面に近い状況で測定を行うためには、口頭指示も明確にする必要があると考えられる。

一般的に 10 本連続ストレートジャンプ時には、高さを出すための“最大努力で”という指示のもと行うことが多い。しかし、指導現場の意見では、10 本連続ストレートジャンプにおける“最大努力で”の指示は、前後左右の移動は意識せず、高さを出すことに集中させることになるため、たとえレベルの高い選手でも移動距離が大きくなるという。実際の競技中は、高さはもちろん、安定性も意識しながら演技を行う。そのため、“最大努力で”行う跳躍では、実際の競技の状況と異なる可能性がある。よって、今後、安定性の測定を目的にした 10 本連続ストレートジャンプを行う際は、“最大努力で、ただしジャンピングゾーンから出ないこと”といったような口頭指示を追加するなど、工夫が必要であると考えられる。

また、測定の方法として、単にストレートジャンプでなく、最低限の回転を加えた中での評価を行う方法も有用であるかもしれない。例えば、前方 1 回宙返りと後方 1 回宙返りの繰り返しを 10 本連続で行うような(図 6)、より競技場面に近い状況で評価すると、より妥当性のある数字を引き出せるのではないかと考えられる。

今回の研究で、跳躍安定性の評価指標は確立できたと考えている。今後は指示や試技の方法を工夫し、より競技場面を反映した跳躍安定性測定の実施方法の確立を目指していきたい。

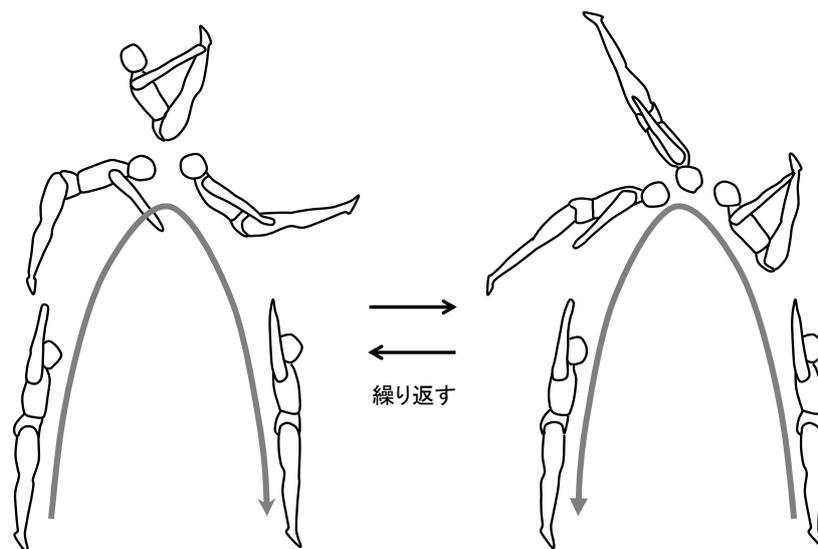


図 6 最低限の回転の条件を加えた 10 本連続ジャンプ

## VII. まとめ

本研究の結果、以下のことが明らかとなった。

- レベルの高い選手は、移動距離、移動距離の前後成分、中心からの距離、中心からの距離の前後成分が少なかった。
- 高い演技点を獲得するには、移動距離、中心からの距離、中心からの距離の前後成分を少なくする必要がある。
- 跳躍安定性を目指したトレーニングにより、中心からの距離、中心からの距離の前後成分は少なくなった。

本研究は小松市スポーツ選手育成事業の映像分析サポートで撮影したものをを使用した。映像に関しては競技会主催者である全国高等学校トランポリン連盟の許可を得て撮影・使用した。また、本論文中の映像は、選手個別に許可を取って掲載したものである。

## 参考文献

- ・ 伊藤直樹, 山崎博和, 平井敏幸, 鈴木雅大, 宮本英美子, 石井喜八 (2000) トランポリン運動〈ストレートジャンプ〉の研究. 日本体育大学紀要. 30(1) : 59-64.
- ・ Federation of International Gymnastics: Trampoline Code of Points 2013-2016 (2013)
- ・ 橋本輝, 前大純朗, 山本正嘉 (2011) 一過性の体幹スタビライゼーションエクササイズが垂直跳び, ドロップジャンプ, リバウンドジャンプのパフォーマンスに及ぼす効果. スポーツパフォーマンス研究 3, 71-80.
- ・ 河端将司, 加賀谷善教, 島典広, 西菌秀嗣 (2008) ドロップジャンプ動作中における体幹の筋活動および腹腔内圧の変化. 体力科学 57(2) 225-234.
- ・ 上岡洋晴, 菊池秀悦 (2009) 学生トランポリン競技大会で演技を大失敗した選手の特徴—質的・量的分析を組み合わせたの考察—. 身体教育医学研究. 10(1) : 7-21.
- ・ 上岡洋晴, 斎藤滋雄, 佐藤こずえ, 長谷川輝紀, 三畑武一 (1999) トランポリン競技における予備ジャンプと競技成績との関連. 学習院大学スポーツ・健康科学センター紀要. 7 : 1-8.
- ・ 斎藤滋雄, 上岡洋晴, 長谷川輝紀 (2001) 全日本学生トランポリン競技選手権大会におけるクラス分類についての考察. 学習院大学スポーツ・健康科学センター紀要. 9 : 1-6.
- ・ 山崎博和, 平井敏幸, 伊藤直樹 (2002) トランポリン運動のストレートジャンプにおける経験的知識の性差に関する研究 : 着床時および離床時の経験的重要度評価から. 日本体育大学紀要. 31(2) : 49-64.
- ・ 山崎博和, 平井敏幸, 藤田一郎, 伊藤直樹, 稲垣敦 (2001) トランポリン運動のストレートジャンプにおける経験的知識に関する研究 : 着床期前半での跳躍能力別の経験的知識構造と経験的重要度評価から. 日本体育大学紀要. 30(2) : 311-324.