

# 男子トランポリン選手の跳躍能力に関する研究

馬 場 崇 豪\*

## 要 旨

本研究は男子トランポリン選手を対象に3種類の跳躍動作 (VJ、CMJ、SJ) を行わせ、跳躍高、発揮パワー、体重当たりのパワーを算出し、トランポリン選手の跳躍能力に関する特性を明らかにすることを目的とした。その結果、跳躍高は全ての動作との間に有意な差が認められた。発揮パワー、体重当たりのパワーではVJとCMJ、VJとSJとの間に有意な差が認められたが、CMJとSJとの間には認められなかった。トランポリン選手の跳躍動作は伸張反射を利用したスポーツ競技とは異なる筋発揮様式を行っていることから、定期的なトレーニングの特異性により生じた競技特性が、CMJとSJとの間に差が認められなかった要因と考えられる。

**キーワード：**男子トランポリン選手、跳躍能力、VJ、CMJ、SJ

## 1 目的

瞬発力やパワーに関する測定にはさまざまな方法がある。なかでも一般的な方法として広く活用されてきた垂直跳びは1921年にサージェント (Sargent, D. A) が考案したとされている。そしてこの垂直跳びを瞬発力やパワーの指標として評価する体力テストとして提案したのがサージェント (Sargent, L. W) と

---

\* ばばたかひで、九州国際大学現代ビジネス学部、t.baba@cb.kiu.ac.jp

言われ、国内においては長らく学校体育の体力テストの項目として実施されてきた。

力が運動に及ぼす影響として力積があるが、跳躍動作においては振込動作や反動動作を行うことで力積を力学的に大きく作用させることができる。垂直跳びの場合、腕の振込動作に脚の屈伸・伸展動作を加えた動作により実施されることから、腕の振込動作を制限した跳躍や脚の屈伸・伸展を制限した跳躍に比べ跳躍高は上昇することは知られている。腕の振込動作では下肢関節のなす仕事量の変化、下肢による反動動作は筋の伸張－短縮サイクルにより筋出力が高まることで特に股関節の仕事が上昇するとしている（原・深代，2006）ことから、腕の振込動作を制限した跳躍では脚の使い方のスキル、腕や脚の反動動作を制限した跳躍では脚筋そのものの収縮能力が評価される（深代，1990）ことになる。

跳躍を伴うスポーツ競技には、走り幅跳びや走り高跳びといった跳躍そのものの距離によって順位が決定されるものや、バレーボールのスパイクジャンプやサッカーのヘディングなど、跳躍高がそのまま順位には決定されないものの跳躍高が高い方が有利であるといった競技がある。トランポリン競技の場合、10回の跳躍による技の難易度や美しさ、正確性、そして高さの総合評価として採点される。2011年ルール改正に伴い跳躍時間点の導入がなされ跳躍時間が点数化されたことにより、跳躍高10回の跳躍時間を合計することとなった。従って、トランポリン競技では跳躍高と跳躍技術そのものが競技結果に反映される競技種目となる。トランポリン競技はグランドや体育館上で行われるスポーツ競技とは異なり、体育館にトランポリンを設置しベッドとよばれる弾みを利用した跳躍動作を行うことから、ベッドの弾力性を利用した身体操作が求められる。また陸上競技などの跳躍種目の踏み切り時間は0.1～0.2秒（飯干ほか，1994、深代ほか，1994）に対し、トランポリンの着床時間は0.25～0.31秒（上山・淵本，2007）と跳躍に作用する時間が異なる。加えて、両脚での着床・離床を行うなど、グランド上で行われるスポーツ競技とは異なる跳躍運動を

行っていると考えられる。これらのことから、日常的にベッドを利用した身体操作を行っているトランポリン選手は他競技選手とは異なるトランポリン選手特有の跳躍能力を有していると考えられる。そこで本研究では、トランポリン選手を対象に跳躍に関する体力測定を行うことで、男子トランポリン選手における跳躍能力に関する特性を明らかにすることを目的とした。

## 2 方法

### 2.1 被験者

被験者はトランポリン部に所属する男子トランポリン選手10名（年齢16-21、身長 $165.8 \pm 4.19$  cm、体質量 $59.6 \pm 7.55$  kg、競技年数 $6.7 \pm 5.64$ 年）であった。実験に先立ち書面にて、被験者、監督、コーチに研究の目的、実験の内容を述べ、実験参加の同意を得た。

### 2.2 測定項目

測定項目は腕振り動作や脚の反動動作を伴った垂直跳び（以下VJ）、手は腰に当てた状態から脚の反動動作を伴った跳躍（以下CMJ）、手を腰に当てた状態で膝と股関節を約90度に曲げ一旦静止した状態からの跳躍（以下SJ）の3種類を各2試技行い、側方からデジタルビデオカメラで撮影した。得られた映像はパーソナルコンピュータにタイマーを1/60秒で写しこみ、タイマーから跳躍時間を読み取り $H = 9.8 \times t^2 / 8$ の式により跳躍高を算出し、数値の高い方を採用した（ $t$ は跳躍時間）。また映像より各跳躍動作の発揮パワーを $P = mgh/t$ の式により（ $P$ ：パワー、 $m$ ：体質量、 $g$ ：重力加速度、 $h$ ：跳躍高、 $t$ ：VJとCMJは腰部最下点から離地までの作用時間とし、SJは静止状態からの始動となるため股関節または膝関節が伸展を開始したところから離地までを作用時間とした）算出した。また体重当たりのパワーについては体質量で除し求めた。各跳躍動作間の差の検定については1要因分散分析を用い、F値が有意で

あると認められた場合には Bonferroni の方法を用い多重比較を行い、危険率は 5 %未満で判定した。

### 3 結果

図1～3に各跳躍動作間における跳躍高、発揮パワー値、体重当たりのパワー値の結果を示した。跳躍高の平均値は VJ $49.8 \pm 3.30$ cm、CMJ $41.8 \pm 3.18$ cm、SJ $38.3 \pm 3.16$ cmであった。上肢や下肢の反動の利用が制限されるに従い跳躍高は減少し、VJとCMJ、VJとSJ、CMJとSJとの間に有意な差が認められた。各跳躍の発揮パワーの平均値は VJ $1134.2 \pm 185.82$ W、CMJ $874.6 \pm 238.00$ W、SJ $845.0 \pm 168.93$ Wであった。跳躍高同様に上肢や下肢の反動の利用が制限されるに従い発揮パワー値は減少し、VJとCMJ、VJとSJとの間に有意な差が認められたが、CMJとSJとの間には認められなかった。体重当たりのパワーの平均値は VJ $19.1 \pm 2.18$ W/kg、CMJ $14.5 \pm 2.63$ W/kg、SJ $14.1 \pm 1.62$ W/kgであった。反動動作の利用が制限されるに従い体重当たりのパワー値も減少し、発揮パワー値と同様にVJとCMJ、VJとSJとの間に有意な差が認められたが、CMJとSJとの間には認められなかった。

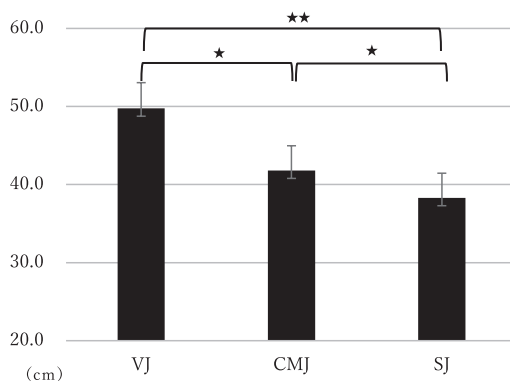


図1 各跳躍動作による跳躍高

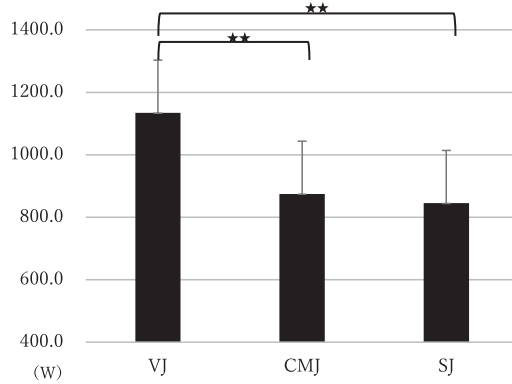


図2 各跳躍動作による発揮パワー

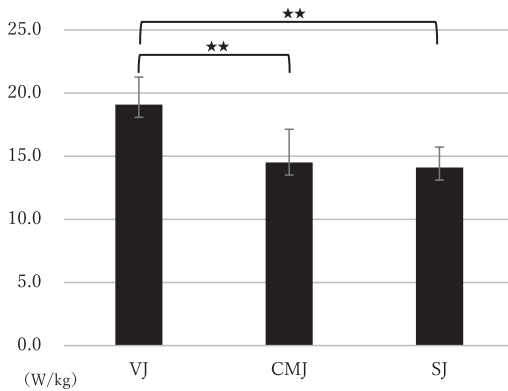


図3 各跳躍動作による体重当たりのパワー

## 4 考察

本研究における各跳躍高は腕の振込動作や脚の反動動作の利用が制限されるのに従い、VJからCMJにかけ8 cm、CMJからSJにかけて3.5cm減少し、各跳躍動作間における差が認められた。発揮パワーはVJからCMJにかけ259.5W、CMJからSJにかけ29.6W減少した。また体重当たりのパワーではVJから

CMJにかけ4.6W/kg、CMJからSJにかけ0.4W/kg減少し、発揮パワーおよび体重当たりのパワーにおいてVJとCMJ、VJとSJに有意な差が認められたが、CMJとSJにおいては認められなかった。

跳躍高について球技選手を対象にした研究によると、ハンドボール選手ではVJからCMJにかけて10.6cm、CMJからSJにかけて4.5cmの減少、バレーボール選手ではVJからCMJにかけて11.5cm、CMJからSJにかけ7.3cm減少したとしている（浅野ほか，1993）。またこれらの研究では各跳躍動作間における反動動作によりもたらされた増加分の比率を調べており、それによるとSJとCMJの間ではハンドボール選手で10.1%大、バレーボール選手で16.3%大、CMJと腕の振込動作の伴うVJの間ではハンドボール選手21.8%大、バレーボール選手21.6%大であったとし、競技特性が腕の振込動作の有無によってジャンプパフォーマンスの向上をもたらし影響がないとしている。本研究におけるトランポリン選手にも増加分の比率を算出したところ、SJとCMJの間では9.1%大、CMJとVJの間では19.1%大であった。同様に発揮パワーにおける増加分を算出したところ、SJとCMJの間では3.5%大、CMJとVJの間では29.7%大、体重当たりのパワーにおいてはSJとCMJの間で2.8%大、CMJとVJの間では31.5%大であった。短距離、跳躍、投擲を含めた陸上競技選手の跳躍動作についての研究結果（深代，1990）をもとに算出してみると、発揮パワーはSJとCMJの間で30.6%大、CMJとVJの間では10.7%大、体重当たりのパワーはSJとCMJの間で21%大、CMJとVJの間では19.9%大であった。また短距離選手のトップアスリートを対象にした報告（深代，1991）をもとに算出すると、発揮パワーはSJとCMJの間で20.2%大、CMJとVJの間では12.2%大、体重当たりのパワーについてはSJとCMJの間で20.4%大、CMJとVJの間では11.8%大であった。本研究のトランポリン選手のSJからCMJにかけてとCMJからVJにかけてのそれぞれの増加分の比率を比べると、CMJからVJに対しSJからCMJにかけての跳躍高は約半分、発揮パワーや体重当たりのパワーに関しては約10分の1程度であった。

また陸上競技選手や短距離選手のトップアスリートから算出した増加分からみても、トランポリン選手の場合、SJからCMJにかけての増加分の比率は明らかに小さいと考えられる。これらのことから、トランポリン選手の場合、SJからCMJにかけての脚の屈曲・伸展動作からなる伸張反射を利用した貢献度は低かったと考えられる。

SJからCMJでは脚の反動動作、CMJからVJでは脚の反動動作に腕の振り込み動作が加わることで下肢の仕事量が増加し（原・深代，2006）跳躍高は増加する。また深代（2012）によると反動動作の効果には伸張の利用、腱のバネ機構の作用、筋自体の増強効果、運動開始時の高い張力がある、としている。跳躍動作による反動動作は主動作に先駆け、それとは反対の動作を行うことで主働筋を伸張させ、その際に筋や腱に弾性エネルギーを蓄積し、続く短縮時に放出することで筋がより大きな力を発揮することが知られている。そのため、多くのスポーツ場面で必要とされる跳躍動作ではこれらの筋発揮様式を利用している。しかしトランポリン競技の場合、スプリングの弾性エネルギーを得て跳躍（金子・豊岡，1978）することから、多くのスポーツ場面で行われている跳躍動作とは異なる筋発揮様式を行っていることが考えられる。多くのスポーツ場面で行われている跳躍動作では脚が地面に接地することで筋や腱に弾性エネルギーが生じるが、トランポリン競技の場合、ベッドのスプリングがその役割を果たすことになる。すなわちトランポリン競技の場合、ベッドの着床時では股関節や膝関節はやや屈曲した状態を保ち（小島，2008）、着床中にベッドを押し出す動作（松島，2018）を行うことで弾性エネルギーを得、跳躍高を増大させることになる。また熟練者と未熟練者によるベッドへの着床時における膝関節角度や体幹角度を調べた研究によると、未熟練者に比べ熟練者ではより深く屈曲した状態からの踏み込みが開始される傾向があるとしている（山崎ほか，1999、山崎ほか，2000）。このことから熟練者は未熟練者に比べ、よりSJの姿勢に近い状態を保ちながら着床中に伸展動作を行っていることが伺える。従って、多くのスポーツ競技では地面に対し脚の伸張反射を利用した筋の発揮

様式を行っているが、トランポリン選手の場合、着床前からベッドに対し股関節や膝関節を屈曲した静止状態から伸展動作による筋の発揮様式を行っていることになる。普段から行っているトレーニング内容や動作速度、動作様式などが筋機能により適応し、トレーニングにおける動作速度と同じ条件で評価した場合においてトレーニング効果は最も高くなることから、スポーツ選手の動的な筋出力は種目との関連で特異的なパターンを示す（金久，1988）とされている。トランポリン競技の場合、弾力性のあるベッドの反発力により跳躍の高さは依存されるため、選手は普段からベッドの沈み込みに対し下肢や体幹の伸展動作をタイミングよく行うトレーニングを行っている（馬場，2020）。その為、定期的なトレーニングのなかでトランポリン選手はベッドの弾力性を利用した筋の発揮を行っていることから、多くのスポーツ競技にみられる跳躍動作とは異なる筋発揮を行っていることがいえる。これらのことから、本研究で得られたトランポリン選手によるCMJとSJとに差が認められなかったという結果は、定期的なトレーニングの特異性によって生じた競技特性によるものと考えられる。

## 5 まとめ

本研究は男子トランポリン選手を対象に3種類の跳躍動作（VJ、CMJ、SJ）を行わせ、跳躍高、発揮パワー、体重当たりのパワーを算出し、トランポリン選手における跳躍能力に関する特性を明らかにすることを目的とした。その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 跳躍高の平均値はVJ $49.8 \pm 3.30$  cm、CMJ $41.8 \pm 3.18$  cm、SJ $38.3 \pm 3.16$  cmであった。上肢や下肢の反動の利用が制限されるに従い跳躍高は減少し、VJとCMJ、VJとSJ、CMJとSJとの間に有意な差が認められた。
- 2) 各跳躍の発揮パワーの平均値はVJ $1134.2 \pm 185.82$  W、CMJ $874.6 \pm 238.00$  W、SJ $845.0 \pm 168.93$  Wであった。跳躍高同様に上肢や下肢の反動

の利用が制限されるに従い、パワー値は減少しVJとCMJ、VJとSJとの間に有意な差が認められたが、CMJとSJとの間には認められなかった。

- 3) 体重当たりのパワーの平均値はVJ $19.1 \pm 2.18$ W/kg、CMJ $14.5 \pm 2.63$ W/kg、SJ $14.1 \pm 1.62$ W/kgであった。反動動作の利用が制限されるに従い体重当たりのパワー値も減少し、パワー値と同様にVJとCMJ、VJとSJとの間に有意な差が認められたが、CMJとSJとの間には認められなかった。
- 4) トランポリン選手における跳躍高の増加分の比率を算出したところ、SJとCMJの間では9.1%大、CMJとVJの間では19.1%大であった。発揮パワーの増加分はSJとCMJの間では3.5%大、CMJとVJの間では29.7%大、体重当たりのパワーにおいてはSJとCMJの間で2.8%大、CMJとVJの間では31.5%大であった。SJからCMJにかけてとCMJからVJにかけての増加分を比べると、跳躍高では約半分、発揮パワーや体重当たりのパワーでは約10分の1程度であった。このことからトランポリン選手の場合、脚の反動動作を利用した貢献度は低かったと考えられる。
- 5) ベッドのスプリングを利用したトランポリン選手は、着床前からベッドに対し股関節や膝関節を屈曲したSJの姿勢に近い状態から伸展動作を行っていることから、脚の伸張反射を利用したスポーツ競技とは異なる筋発揮様式を行っている。これらのことから、定期的なトレーニングの特異性がトランポリン選手の競技特性として生じたことがCMJとSJとの間に差が認められなかった要因として考えられる。

#### 【参考文献】

- 浅野幹也・山本高司・藤松博・小山哲央・犬塚秀幸(1993),「球技選手における脚の筋出力特性とジャンプパフォーマンス向上のためのトレーニング方法について-ハンドボール選手とバレーボール選手の比較から」『中京大学体育学論叢』34(2), 41-48.
- 飯干明・阿江通良・結城匡啓・高松潤二・長沢光雄・湯海鵬(1994),「走高跳のバイオメカニクスの分析」『世界一流陸上競技者の技術』ベースボールマガジン社, 169-184.

- 上山容弘・淵本隆文 (2007). 「トランポリンの踏切動作」『体育の科学』57, 516-520.
- 金子公宥・豊岡示朗 (1978). 「Trampoline 運動中の呼吸循環系反応」『体育科学』6, 9-16.
- 金久博昭 (1998). 「スポーツ選手における筋力トレーニングと評価」『BME』2 (4), 231-237.
- 小島恵子 (2008). 「トランポリン競技におけるストレートジャンプの動作解析」『早稲田大学卒業研究』.
- 馬場崇豪 (2020). 「大学男子トランポリン選手の体力特性」『東海学院大学研究年報』5, 9-16.
- 原樹子・深代千之 (2006). 「垂直跳びにおける下肢反動と腕振りの効果」『体育の科学』56 (3), 168-173.
- 樋口憲生 (1983). 「反動動作が筋パワー発現時の筋力と筋収縮速度におよぼす影響」『中京大学体育学論叢』24 (1・2), 63-69.
- 深代千之 (1990). 「無酸素性パワーの測定と評価法」『スポーツ医・科学』4 (2), 25-34.
- 深代千之・若山章信・原田康弘 (1991). 「トップアスリートの体力とパフォーマンスー陸上・短距離選手についてー」『体育の科学』41, 262-268.
- 深代千之・若山章信・小嶋俊久・伊藤信之・新井健之・飯干明・淵本隆文・湯海鵬 (1994). 「走幅跳のバイオメカニクス」『世界一流陸上競技者の技術』ベースボールマガジン社, 135-151.
- 深代千之 (2012). 「ダイナミックなスポーツ動作を支える反動動作」『体育の科学』62 (1), 2-9.
- 松島正知・矢野澄雄 (2018). 「トランポリンのストレートジャンプにおける踏切中の筋活動と着床位置との関係」『スポーツパフォーマンス研究』10, 15-26.
- 山崎博和・平井敏幸・伊藤直樹 (1999). 「トランポリン運動のストレートジャンプにおける熟練者と未熟練者の相違に関する研究ー膝関節角度の変化に着目してー」『日本体育学会大会号』50, 494.
- 山崎博和・平井敏幸・伊藤直樹 (2000). 「トランポリン運動におけるストレートジャンプの技術に関する研究ー膝関節角度と体幹の角度変化に着目してー」『日本体育学会大会号』51, 361.