

実践研究

無酸素性パワーからみたトランポリン選手の体力特性

Characteristics of anaerobic power in Trampoline players

馬場 崇豪¹⁾Baba Takahide¹⁾

キーワード：トランポリン選手、無酸素性パワー、ストレートジャンプ
Trampoline players, Anaerobic Power, straight jump

1. 緒言

トランポリン競技は10回の跳躍による演技を行うことで得点を競う競技である。この得点には技の難易度や美しさ、正確性、そして高さが要求される。2011年ルール改正に伴い、これまでの難度点と演技点に加え跳躍時間点の導入がなされ跳躍時間1秒を1点で評価し、1000分の1秒単位で点数化し10回の跳躍時間を合計することとなった。つまり高く跳躍し、難しい技を行い、演技性が高ければ高得点が得られることになる。競技の開始はベッド上で静止状態から6～10回程度の予備跳躍であるストレートジャンプ（以下SJ）を行い、選手のタイミングで1回目の演技による跳躍が始まる。1回の跳躍時間は約2秒前後で10回の跳躍時間は約20秒前後となるが、これに試技に入る前の予備跳躍であるSJの跳躍時間を加えると30～80秒前後となる。従って静止状態からできるだけ早めに1回目の演技に入った方が演技後半の跳躍高の低下は少ないため、選手は静止状態からほぼ全力に近い状態で予備跳躍を行っていることになる。この予備跳躍であるSJは演技に入る前の準備動作であり、演技とは直接関係ないものの、複雑な技を行う演技を実施するには予めこのSJの段階から一定の高さを確保しておくことが必要である（上岡ほか、1999, pp3）。またトランポリンにおいて安定したSJ

の習得が次の技の習得の条件（山崎ほか、2001, pp312）となり得ることから、SJは基本動作でありながら重要な役割を持つ動作である。

これまでスポーツ選手の体力に関してはさまざまな競技種目の体力特性が明らかにされているが、トランポリン競技に関しては技の体系化や踏切動作の技術（伊藤ほか、2000；小島、2008；上山・淵本、2007；山崎ほか、2000；山崎ほか、2001）などがあげられ、トランポリン選手の体力についての報告はみられない。予備ジャンプであるSJの高さをできるだけ早い段階で一定の高さを確保するには、1回目からほぼ全力での運動が行われると思われ、運動強度・運動時間からみると無酸素性の体力要素が関係していると考えられる。無酸素性の体力測定法には自転車エルゴメーターにより異なる負荷値とそれに対する最大努力でのペダリングを3回実施することで最大無酸素性パワーを測定する方法が用いられており、特に瞬発的なスポーツ種目において最大無酸素性パワー値は高いという結果が得られている（中村、1987；高橋、1989）。この最大無酸素性パワー値は自転車ペダリングの各段階における負荷と回転数の関係から決定され、高松ほか（1989）は各段階における負荷と回転数との関係を示す1次式の係数（傾き）から無酸素性パワーの発揮特性をスピ

1) 東海学院大学健康福祉学部総合福祉学科

Tokai Gakuin university

ード型と力型のタイプに分類し、いずれのパワータイプに優れているかを評価できるとしている。従って最大無酸素性パワー値だけでなく、発揮されるパワータイプを分類することは各スポーツ競技の無酸素性パワーの特性を明らかにし、その特性を活かした指導やトレーニング方法に役立てることができると考えられる。

そこで本研究では研究例の少ないトランポリン選手を対象に自転車ペダリングによる無酸素性パワーの測定を行うとともに、基本動作でありながら重要性の高い跳躍動作である SJ 高との関係を調べることで、SJ 高に必要な発揮パワー特性を明らかにし、指導や現場に役立つ知見を得ることを目的とした。

2. 方法

被験者はトランポリン部に所属する男子 10 名（年齢：18.8 ± 2.0 歳、身長：1.66 ± 0.04 m、体質量：59.6 ± 8.0kg、体脂肪率：16.4 ± 3.0%）であった。各身体的特徴、競技歴、競技成績は表 1 に示した。SJ は静止状態からできるだけはやい段階で 1 回目の試技に入るよう指示し、選手の合図により全力 10 回の SJ を行わせ、そ

の様子をベッド側方に設置したデジタルビデオカメラ（GR-DV2000）で撮影した。得られた映像は PC に 1/60 秒で取り込み、足がベッドから離床してから着床までのコマ数を読み取り滞空時間を求め、重力加速度を g 、滞空時間を t 、SJ 高を H とし $H = g t^2 / 8$ の式により 1 回ごとの跳躍高を算出し、各被験者の 10 回の平均値を SJ 高とした。

最大無酸素性パワーの測定は自転車エルゴメーター（Powermax-V コンビ社）を用い、3 回の異なる負荷において最大努力による 10 秒間のペダリング運動（休憩 120 秒）を行わせた。被験者は定期的に自転車エルゴメーターを使用していることからペダリングの不慣れさの影響はないものとし、充分なウォーミングアップの後、測定を行った。測定に際しサドル高は大転子の高さに合わせてから座らせ、トゥ・グリップでつま先を固定した状態から無負荷で数回ペダリングを行わせ、サドル高に変更がなければその高さに決定した。負荷値の 1 試技目は各被験者の体質量により決定され、2 試技目、3 試技目は前試技に設定された負荷値に対する回転数から決定した。最大無酸素性パワーは負荷 X

表 1. 被験者の身体特性および競技歴、競技成績

被験者	年齢	身長(m)	体質量(kg)	体脂肪率(%)	トランポリン歴(年)	競技成績
A	17	1.69	66.8	16.8	1	
B	16	1.62	51.6	12.8	1	
C	16	1.61	51.3	14.1	1	
D	20	1.68	62.2	12.6	15	世界選手権最終選考16位
E	21	1.72	61.2	17.8	18	インカレ2位
F	21	1.62	55.0	15.8	7	Oトーナメント3位
G	19	1.65	61.1	17.0	5	
H	18	1.61	47.5	15.4	4	
I	21	1.69	71.6	20.2	10	西日本選手権8位
J	19	1.70	67.5	21.9	5	インカレ Cクラス1位

(k p) と回転数 Y (r p m) を $Y = -aX + b$ に一次近似し、その積が最大となる値 ($P_{max} = 0.98 \times b^2 / 4a$) を求めた。本研究では3試技により得られた回転数と負荷値の一次回帰式から、回転数が0時における負荷値を x 切片 ($y = 0$) とし最大負荷値として求め、負荷値 0kp 時の回転数 y 切片 ($x = 0$) を最大回転数とし算出した。そして一次回帰式の傾きである係数 $-a$ と切片 b を求め、能力差を除去するために傾き比 ($-a/b$) を算出し (星野ほか, 2013; 加藤ほか, 1994; 高松ほか, 1989; 谷口ほか, 1995)、0 に近ければパワー発揮特性が“力成分型”であるとし、その反対であれば“スピード成分型”とし、SJ 高との関係を求めた。最大無酸素性パワーと SJ 高との関係をみるためにピアソンの相関係数を用い、有意水準 5% とした。また実験に先立ち被験者、監督、コーチには研究の目的、実験の内容を述べ、被験者には書面にて実験参加の同意を得た。

3. 結果

被験者による 10 回の跳躍の平均 SJ 高は 2.89 m ~ 4.51 m の範囲であり被験者全員の平均は 3.66 ± 0.56 m であった。最も高い SJ 高は E 選手 (インカレ 2 位) による 4.51 m であり、次いで D 選手 (世界選手権最終選考 16 位) の 4.34 m、I 選手 (西日本選手権 8 位) の 4.18 m であった。

自転車ベダリングによる 1 回目の試技から 3 回目の試技では試技が進むにつれ負荷値は増大するが、回転数はそれに伴い低下した。本研究で得られたトランポリン選手の最大無酸素性パワー値は 593W ~ 873W の範囲で、平均すると $774.9 \pm 0.7W$ であった。体重当たりの最大無酸素性パワー値は 11.5 W/kg ~ 15.1 W/kg の範囲で、平均値は $13.1 \pm 1.2 W/kg$ であった。SJ 高との関係をみてみると、SJ 高と最大無酸素性パワー値との間に有意な正の相関関係 ($r=0.744, p<0.05$) がみられたが (図 1)、体重当たりの最大無酸素性パワー値との間には有意な相関関係はみられなかった (図 2)。

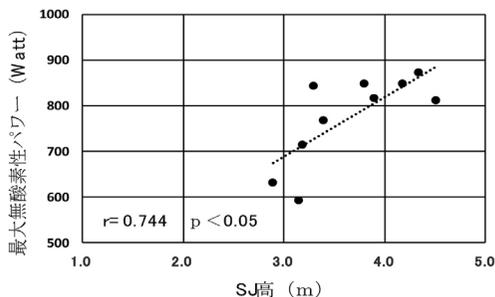


図 1. SJ 高と最大無酸素性パワーとの関係

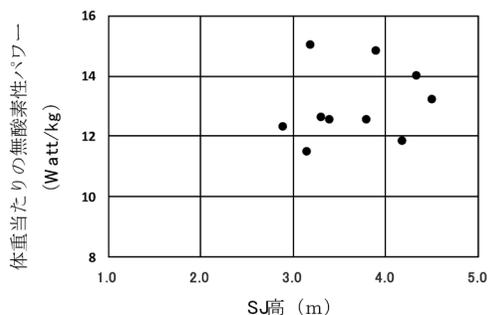


図 2. SJ 高と体重当たりの最大無酸素性パワーとの関係

次に一次回帰式の傾きである係数 $-a$ と切片 b による傾き比は負の値を示し、SJ 高との関係では有意な正の相関関係がみられ ($r=0.687, p<0.05$)、SJ 高の高い選手ほど発揮パワー特性が“力成分型”という結果であった (図 3)。

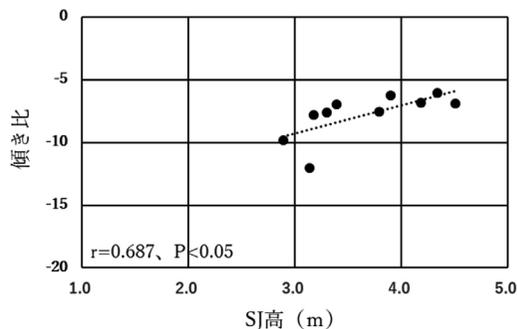


図 3. SJ 高と傾き比との関係

4. 考察

1) SJ 高について

トランポリン競技では試技前に SJ と呼ばれ

る数回の予備跳躍を行う準備動作があり、演技とは直接的には関係ないものの複雑な技を伴う演技を実施するには予めこのSJの段階から一定の高さを確保しておくことが必要である(上岡ほか, 1999, pp3)。またこのSJ高は非熟練者よりも熟練者の方が高く、演技の高さを決定する重要な要因の1つであり(上山・淵本, 2007, pp518)、安定したSJの習得が次の技の習得の条件(山崎ほか, 2001, pp312)となり得ることからSJは基本動作でありながら重要な役割を持つ動作であると考えられている。本研究で得られた全被験者の平均SJ高は 3.66 ± 0.56 mであり、上山・淵本(2007)が行った世界ランキング1位選手を含んだグループ群の3.52 mと比較すると、本研究の方が0.14m高いという結果であった。実際の競技では技の難易度や安定性などジャンプの内容が評価されることから、競技レベルとSJ高の関係を明らかにすることはできないが、SJ高は競技レベルや競技年数、体力的要素など複数の要因により決定されると考えられる。これらのうち本研究では体力的要素のひとつである無酸素性パワーに焦点をあて以下に考察を行った。

2) 無酸素性パワー値について

SJ高と最大無酸素性パワー値の関係をみてみると有意な正の相関関係($r=0.744$, $p<0.05$)がみられ、SJ高の高い選手ほど最大無酸素性パワー値は高いという結果が得られたが、体重当たりの最大無酸素性パワー値との間にはみられなかった。無酸素性パワーは「瞬間的な運動を支える能力」とされ、瞬間的な運動を含む競技のスポーツ選手は無酸素性パワーを高めることがトレーニングの大きな目標とされる(深代, 1990, pp25)。トランポリン競技の場合、着床時間は0.25～0.31秒(上山・淵本, 2007)とされ跳躍高はほぼ足がベッドに着床している期間に決まり、トランポリン選手はこの間に瞬発的な運動が要求されることからトランポリン競技は無酸素的な体力が求められる競技であると考えられる。スポーツ競技の最大無酸素性パワーを測定した研究では最大無酸素性パワー値

や最大無酸素性パワーを体重で除した相対値においても各スポーツ競技による競技特性が反映されていることが知られている(中村, 1987; 高橋, 1989)。しかしながら本研究結果ではSJ高と最大無酸素性パワー値には有意な相関関係が認められたが、体重当たりの最大無酸素性パワー値との間には有意な相関関係は認められなかった。最大無酸素性パワー値は筋量の多い(体重の重い)選手ほど絶対値では大きなパワーが発揮できる(若山, 2015)ことから、相対値では体重当たりに発揮できるパワーの大きさ以外の要素がSJ高には関係していると考えられる。これに関して、SJによる着床時のベッドの沈み込み深さを体重当たりから検討した報告では、ベッドの沈み込みの深さは体重のみによる跳ね返り力だけの関係だけではなく、ベッドからの有効跳ね返り力を大きくする技能が関係しているとし、着床期の膝関節角度の変化からトランポリン選手は着床中に脚伸展力を加えていると推察している(伊藤ほか, 2000)。このことは、トランポリン選手は着床中、膝関節を伸展することでベッドを押し出す動作を行っていることを意味し、SJ高を高めるためには着床中による跳躍技術が関係していることを示唆している。つまり体質量による跳ね返り力に着床技術を加えた有効跳ね返り力を大きくすることで、鉛直上方による加速度を増加させSJ高を高めることができる。SJ高の高い選手は低い選手に比べ着床後の鉛直上方加速度は高く、また身体にかかる力もSJ高の高い選手は連続的に大きな力が身体へ作用するとしている(上山・淵本, 2007)。この着床時による身体へ作用する力や鉛直上方加速度を増加させる跳躍動作を瞬間的に遂行させるには大きなパワー発揮を要すことから、筋量(体重の重い)の多い選手には有利であると考えられる。しかし、筋量(体重の重い)が必要以上に増大しすぎると跳躍動作の遂行の妨げになり鉛直上方加速度に影響を及ぼすことが考えられる。従って、トランポリン選手には着床による身体へ作用する力に耐えなおかつ鉛直上方加速度に影響を及ぼさない適正な体質量が存在すると考えられるが、この点

に関しては今後さらに検討する必要がある。

自転車ペダリングの最大無酸素性パワーの測定によるパワー発揮特性は負荷の増加に従い高回転を発揮できる力型と軽負荷において高回転数を発揮できるスピード型に分類することができるとされている(星野ほか, 2013)。これらをもとに本研究では3回の試技により得られた回転数と負荷値の一次回帰式から被験者ごとの係数 a と切片 b の比率から傾き比による能力差を算出し、0に近ければパワー発揮特性が“力成分型”であるとしその反対であれば“スピード成分型”とみなし、それらとSJ高との関係性を求めた。その結果、SJ高の高い選手ほど傾き比が0に近いという傾向が得られたことから、SJ高の高い選手ほどパワー発揮特性が“力成分型”と認められた。トランポリン演技中の運動強度を心拍数から計測した研究によると、ジャンプ開始から急激な増加がみられ演技終了直前には被験者の年齢から推定される最高心拍数の約96%にも達していたことから、トランポリン競技は無酸素性の運動特性を持つものとしている(上岡ほか, 1999, pp6)。また金子・豊岡(1978)はトランポリンで1分間の全力単純跳躍中の心拍数を調べており、いずれの被験者も運動開始から急激に心拍数が増加し初期30秒間に運動終末心拍数の90%以上のレベルに達する傾向を示したとし、トランポリン運動は短距離走ないし中距離走と同程度の心拍数の急上昇を伴う無酸素状態を引き起こしているとした。これらのことからトランポリン競技は運動強度の高い競技種目であるといえ、演技開始前からの全力運動により演技後半時には疲労の影響から跳躍高は低下することが考えられる。また実際のトランポリンの演技では空中における回転運動を伴う動作が含まれることからさらに跳躍高の低下が予想される。上山・淵本(2007)は、SJと空中での回転運動を伴う跳躍高を比較した実験を行い、SJ高と回転試技を行う前のジャンプ(以下プレジャンプ)、回転試技によるジャンプ(以下レイアウトバック)による跳躍高を重心の上昇距離から比較している。それによると最も高い跳躍はSJによるも

のであり、続いてプレジャンプ、レイアウトバックの順であったとし、SJの高さは演技の高さを決定する重要な要因の1つであるとしている。つまり演技開始前のSJから演技中の回転試技を伴うことで跳躍高は低下していくということであり、その跳躍高は演技の後半になればさらに低下していくことが考えられる。また上昇距離は高いほど演技を行ううえで有利となるものの踏切時には身体へ大きな力が作用するとされる(上山・淵本, 2007)ことから、演技後半では選手の身体に連続的に作用される力が蓄積されることでトランポリン選手にかかる筋疲労は増大するため、筋出力が低下し跳躍高が低下する。従って、演技後半に跳躍高をできるだけ低下させないためには連続的に身体へ作用される力の蓄積により生じる筋疲労に抗し力を発揮することのできるパワー発揮特性に優れていることがSJ高の獲得に求められる体力特性であると考えられる。このことから本研究においてSJ高の高い選手ほど自転車ペダリングによる負荷の増加に従い高回転を発揮できる“力成分型”のパワー発揮特性であるという結果は、トランポリン選手にとって必要な体力特性を反映したものと考えられる。

5. まとめ

本研究ではトランポリン選手を対象に跳躍動作の基本動作であるSJ高に必要な発揮パワー特性を明らかにすることを目的としSJ高と自転車ペダリングによる無酸素性パワーとの関係を調べた。その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) SJ高と最大無酸素性パワーとの間に有意な正の相関関係($r=0.744$)がみられた。しかし、SJ高と相対値である体重当たりの最大無酸素性パワーとの間には有意な相関関係はみられず、これには体重当たりに発揮できるパワー以外の要素である跳躍技術がSJ高には関係していると考えられる。
- 2) SJ高と傾き比の関係では有意な正の相関関係($r=0.687$)がみられ、SJ高の高い選手ほど発揮パワー特性が“力成分型”とい

う結果であった。演技後半では回転試技を伴うことや選手の身体に連続的に作用される力が蓄積されることで選手へかかる筋疲労は増大するため、筋出力が低下し跳躍高が低下する。従って、できるだけ跳躍高を低下させないためにはこれらの筋疲労に抗し力を発揮することのできる“力成分型”のパワー発揮特性に優れていることがSJ高の獲得に求められる体力要素であると考えられる。

6. 謝辞

本実験を行うにあたり多大なるご協力をいただいた岩下由利子監督ならびに藤池亮太コーチには深く感謝申し上げます。

文献

- 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: 25-34.
- 星野宏司・角田和彦・佐々木敏・糞内豊・武田秀勝 (2013) アルペンスキー選手における無酸素性パワーの発揮特性について. スキー研究, Vol.10: 47-53.
- 伊藤直樹・山崎博和・平井敏幸・鈴木雄大・宮本映美子・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: 59-64.
- 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.
- 加藤満・浅尾秀樹・後藤俊 (1994) 女子短大生体育学生における最大無酸素パワーの発揮特性について. 北海道女子短期大学紀要, 30: 93-98.
- 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.
- 中村好男 (1987) アネロビクパワーからみたスポーツ選手の体力. J.J.SPORTS SCI. ,3: 697-702.
- 高橋篤志 (1989) 大学男子スポーツ競技選手の最大無酸素パワーについて. 大阪城南女子短期大学研究紀要, 24: 83-97.
- 高松薫・佐藤芳弘・宮坂雅昭・高森秀蔵 (1989) 無氣的パワーにおける“力型”と“スピード型”のタイプからみたラグビー選手の特性. 体育学研究, 34: 81-88.
- 谷口裕美子・寺本祐治・麻場一徳・油野利博・高松薫 (1995) 7秒間ペダリング運動からみた児童・生徒の無氣的パワーの発達. スポーツ教育学研究, 15, 2: 99-107.
- 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.
- 上岡洋晴・武藤義照・長谷川輝紀・斎藤滋雄・山崎博和 (1996) 大学トランポリン競技選手の身体特性. 日本体育学会大会号, 47 (0): 338.
- 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.
- 若山章信 (2015) 自転車エルゴメータを用いた無酸素性パワー測定値をどう評価するか. 東京女子体育大学東京女子体育短期大学紀要, 50: 1-9.
- 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—膝関節角度と体幹の角度変化に着目して—. 日本体育学会大会号, 51: 391.
- 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 巻, 記念特別号, 第 2 号: 311-324.

(受付日2018年4月16日、受理日2019年10月10日)