

Basic Sciences / 原著論文

スクワットジャンプの股関節初期角度の違いがパフォーマンスに与える影響
The effect of differentiation in the initial angle of the hip joint
on squat jump performance

原樹子, 立正伸, 横澤俊治, 平野裕一

要旨

本研究では、スクワットジャンプの動作初期の股関節角度の違いが跳躍高に与える影響について検討し、体力測定や競技の現場に役立つ知見を提示することを目的とした。被験者にマットスイッチ上で、3種の股関節初期角度（個人が至適と考える任意の角度：SJV，最大伸展角度：SJL，最小伸展角度：SJS）からジャンプを行わせ、同時に矢状面より画像を撮影し、跳躍高と動作初期の下肢関節角度を求めた。股関節の初期角度は SJL, SJV, SJS それぞれ 91.6 ± 13.3 , 70.0 ± 19.5 , $49.7 \pm 11.0^\circ$ であり、有意差が見られたのは $SJL > SJS$, $SJV > SJS$, $SJL > SJV$ であった。跳躍高は SJL, SJV, SJS それぞれ 0.34 ± 0.05 m, 0.37 ± 0.04 m, 0.40 ± 0.06 m であり、有意差が見られたのは $SJL < SJS$ (17.6%増加), $SJV < SJS$ (8.1%増加), $SJL < SJV$ (8.8%増加) であった。被験者の任意の股関節初期角度 (SJV ; $70.0 \pm 19.5^\circ$) は SJS と SJL のほぼ中間であった。以上の結果、股関節の初期角度を個人が至適と考える任意の角度ではなく、可能な限り小さくするほうが、跳躍高が増加することがわかった。

Key words: スクワットジャンプ, キネマティクス, 股関節初期角度, 跳躍高

国立スポーツ科学センター スポーツ科学研究部

〒115-0056 東京都北区西が丘 3-15-1

TEL: 03-5963-0224

FAX: 03-5963-0232

E-mail: hara.mikiko@jiss.naash.go.jp

受付日：2007年6月29日

受理日：2007年11月26日

I. はじめに

ヒトのダイナミックな身体運動の一つであるジャンプ動作は、日常生活や競技動作において多く用いられ、特に垂直跳びは、体力の指標を示すものとしても重要な役割を果たしてきた。バイオメカニクスの分野においては、ジャンプ動作に関して、生理学的・力学的な視点から多くの科学的な研究が行われてきた。例えば、下肢反動動作と腕振り動作を制限したスクワットジャンプを用いて、ヒトの下肢機能そのものを検討した研究や、身体重心変位量（跳躍高）を上昇させる要因となる、下肢反動動作と腕振り動作の効果を検討する研究が行われてきた。

下肢の反動動作が跳躍高に与える影響・効果を検討した先行研究は非常に多く存在する^{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 18}。このうち垂直跳びの跳躍高増加に直接関連づけることができる関節仕事量という観点からは、Fukashiro & Komi¹⁰、佐川ら¹⁸、Bobbert et al.³が検討しており、股関節仕事量の増加により、跳躍高が増加することが報告されている。

また、腕振り動作が垂直跳びの跳躍高に対して与える影響・効果を検討した先行研究には、腕振り動作による地面反力の変化に着目したもの^{12, 16, 17}、身体を構成する各セグメントの運動量に着目して、腕部の運動の跳躍高に対する貢献度の定量化を試みたもの^{1, 13, 14}、腕振り動作による身体各関節トルクや関節仕事量の変化に着目したもの^{9, 11, 15}がある。特に仕事量という観点からは、Lees et al.¹⁵、Hara et al.¹¹が、腕振りを用いると股関節仕事量が増え、その結果、跳躍高が増加することを報告している。

このように、跳躍高を増加させるために、下肢反動動作と腕振り動作は重要な役割を果たすが、競技動作や体力測定においては、下肢反動動作または腕振り動作、あるいはその両者を使わずに跳躍高を増加させなくてはならない場面も多く見られる。例えば、バスケットボールなどの球技やスキージャンプ競技などで、競技中にあらかじめ構えた姿勢から瞬時に下肢のパワー発揮をして

跳躍を遂行する状況では、下肢反動動作と腕振りを伴わないスクワットジャンプと呼ばれる動作を行わざるを得ない。また、体力測定において、下肢のパワー発揮能力の測定手段としてスクワットジャンプは一般的に用いられている。

スクワットジャンプに関する科学的な先行研究に関しては、下肢の機能そのものを知る手段としてスクワットジャンプを扱ってきたものが多いが、その中で、スクワットジャンプの初期姿勢が跳躍高に及ぼす影響について検討した研究もいくつかある。例えば、Bobbert et al.³は、いくつかの初期姿勢（①下肢反動ジャンプの切り返し時と同じ初期姿勢、②被験者が至適と考える任意の初期姿勢、③可能な限り低い初期姿勢）からスクワットジャンプを実験的に行い、跳躍高を比較した（ $n=6$ ）。その結果、初期姿勢の違いにより、跳躍高に有意差はないと報告している。また、Selbie et al.¹⁹は125種類の初期姿勢から跳躍をさせるシミュレーション解析を行い、初期姿勢は跳躍高にあまり影響を与えないと報告した。

しかし、前述したように、力学的な視点で捉えると、垂直跳びの跳躍高を増加させる要因の一つは股関節仕事量の増加であることから、スクワットジャンプの動作開始時の股関節角度の違いは、股関節仕事量発揮に影響を及ぼし、跳躍高に差を生じさせる可能性がある。

そこで本研究では、スクワットジャンプの股関節初期角度の違いが跳躍高に与える影響について検討し、体力測定や競技の現場に役立つ知見を提示することを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

被験者は健康な成人男性（ $n=23$ 、身長：171.8±5.7 cm、体重：68.6±9.0 kg）とした。すべての被験者に対し、本実験の目的・方法に関する事前説明を十分に行い、実験参加の同意を得た。また、本研究は国立スポーツ科学センター・

倫理審査委員会において審査を受け、承認を得た。

2. 実験手法および測定方法

A. 解剖学的マーカー位置と実験の動作

身体を4つのリンクセグメントとしてモデル化するために、被験者の解剖学的位置5点（右の第5中足骨頭点・外果点・膝関節外側点・大転子点・肩峰点）に反射マーカーを貼った（Fig. 1）。十分なウォーミングアップの後に、被験者にマットスイッチ（Fig. 2）上で3種類の股関節初期角度から最大努力のスクワットジャンプを行わせ、離地から接地までの滞空時間を計測した（1000Hz）。実験で設定した股関節初期角度は、①個人が至適と考える任意の角度（SJV）、②最大伸展角度（SJL）、③最小伸展角度（SJS）であった。各試行（SJL、SJV、SJS）は、約2分間の休憩をはさみ、ランダムにそれぞれ3回ずつ行った（Fig. 3）。股関節角度は体幹と大腿セグメントがなす角とした。なお全試行で膝関節初期角度は90°に規制し、腕は腰に固定することで腕の動きを抑えた。

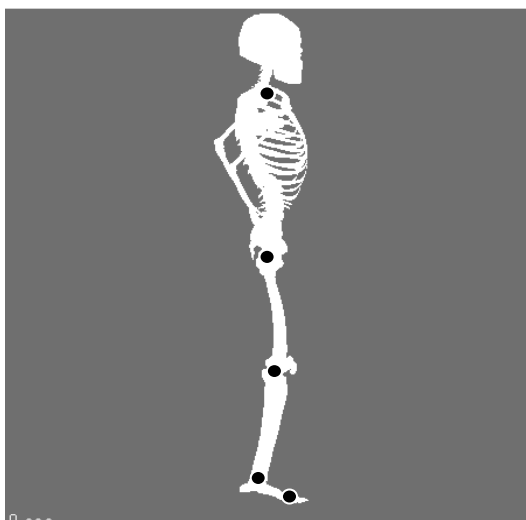


Fig. 1: Anatomical landmark points: The subjects were marked with reflective markers at the anatomical landmarks necessary for the linked segment analysis: the joint centers of the shoulder, hip, knee and ankle, and the fifth metatarsal phalangeal joint on the right side of the body.

B. 画像による測定

被験者の解剖学的マーカー位置を矢状面よりビデオカメラ（Fig. 2）で撮影した（60Hz）。カメラの位置は被験者より11 mとし、画角は被験者の足部から身長+1 mの高さが映るようにした。また試行の前にあらかじめ、長さ1 mのコントロールバーを撮影し、4点実長換算のキャリブレーションができるようにした。



Fig. 2: The experiment equipments (left: switch mat, right: video camera).

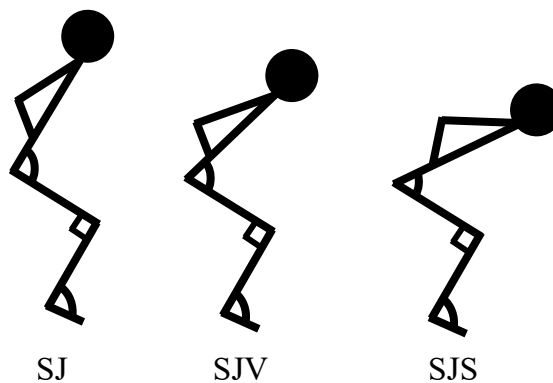


Fig. 3: Three types of the squat jump. The subjects performed squat jumps from three different initial hip joint angles: the largest hip joint angle (SJL), the preferable hip joint angle (SJV) and the smallest hip joint angle (SJS). In each joint, the joint extension and flexion were expressed as positive and negative, respectively. SJL (left), SJV (middle), SJS (right).

3. 分析

A. 跳躍高

跳躍高はマットスイッチ（1000Hz）を用いて、各試行の離地から接地までの滞空時間を計測し、それをもとに以下の式で求めた（式1）.

$$h = \frac{g \cdot Ta^2}{8} [m] \quad (\text{式 1})$$

ここでは、 h : 跳躍高, g : 重力加速度, Ta : 離地から接地までの滞空時間

B. 関節初期角度

ビデオ画像上で、被験者の解剖学的マーカー位置を動作解析ソフト（Frame-Dias,DKH, JAPAN）を用いてデジタイズし、4点実長換算法を用いて実座標に変換した。股・膝・足関節の初期角度は、関節中心座標をもとに算出した。また、水平軸に対する体幹・大腿・下腿・足部セグメントの初期角度を算出した。

C. 統計処理

各被験者について、SJV, SJL, SJSそれぞれの最大跳躍試行を選択し、跳躍高、股・膝・足関節の初期角度、および水平軸に対する体幹・大腿・下腿・足部セグメントの初期角度について対応のある一元配置多重比較（Bonferroni法）を用いて、SJV, SJL, SJSの比較を行った。

III. 結果

跳躍高、下肢各関節初期角度、水平軸に対する各セグメントの初期角度の結果（平均±SD）を Table 1 に示し、跳躍高、股関節初期角度、膝関節初期角度、足関節初期角度の統計結果を Fig. 4, 5, 6, 7 に示した。

股関節の初期角度（平均±SD）は SJL, SJV, SJS それぞれ $91.6 \pm 13.3^\circ$, $70.0 \pm 19.5^\circ$, $49.7 \pm 11.0^\circ$ (Table 1) であり、有意差が見られたのは $SJL > SJS$, $SJL > SJS$, $SJL > SJV$ であった (Fig. 5)。また、被験者が至適と考える股関節初期角度 (SJV) は $70.0 \pm 19.5^\circ$ であり、SJS と SJL のほぼ中間であった。

膝関節の初期角度（平均±SD）は SJL, SJV, SJS それぞれ $91.9 \pm 2.4^\circ$, $92.1 \pm 2.5^\circ$, $91.5 \pm 2.7^\circ$ であり、SJL, SJV, SJS のすべての試行の組み合わせで有意差が見られなかった (Fig. 6)。

足関節の初期角度（平均±SD）は SJL, SJV, SJS それぞれ $87.5 \pm 7.5^\circ$, $90.8 \pm 6.2^\circ$, $92.4 \pm 5.4^\circ$ であり、平均値の差は小さいものの $SJL < SJS$, $SJL < SJV$ で有意差が見られた。したがって、股関節初期角度の変化は足関節初期角度にも影響を及ぼすことが示された。

水平軸に対する体幹セグメントの初期角度（平均±SD）は、SJL, SJV, SJS それぞれ $57.2 \pm 9.6^\circ$, $40.8 \pm 15.1^\circ$, $22.3 \pm 10.0^\circ$ (Table 1) であった。水平軸

Table 1: Ensemble averages ($n=23$) of each variable (mean±SD) : Jump heights, initial joint angles of the hip, knee and ankle and initial angles of trunk, thigh, shank and foot segment from horizontal axes.

	SJL	SJV	SJS
Jump Height (m)	0.34±0.05	0.37±0.04	0.40±0.06
Push-off Time (sec)	0.34±0.04	0.36±0.04	0.38±0.04
Hip Angle (deg)	91.6±13.3	70.0±19.5	49.7±11.0
Knee Angle (deg)	91.9±2.4	92.1±2.5	91.5±2.7
Ankle Angle (deg)	87.5±7.5	90.8±6.2	92.4±5.4
Trunk segment Angle (deg)	57.2±9.6	40.8±15.1	22.3±10.0
Thigh segment Angle (deg)	34.3±5.4	31.0±4.8	27.8±3.3
Shank segment Angle (deg)	57.4±5.3	61.0±3.8	63.5±3.5
Foot segment Angle (deg)	30.1±5.6	29.6±4.3	28.7±4.4

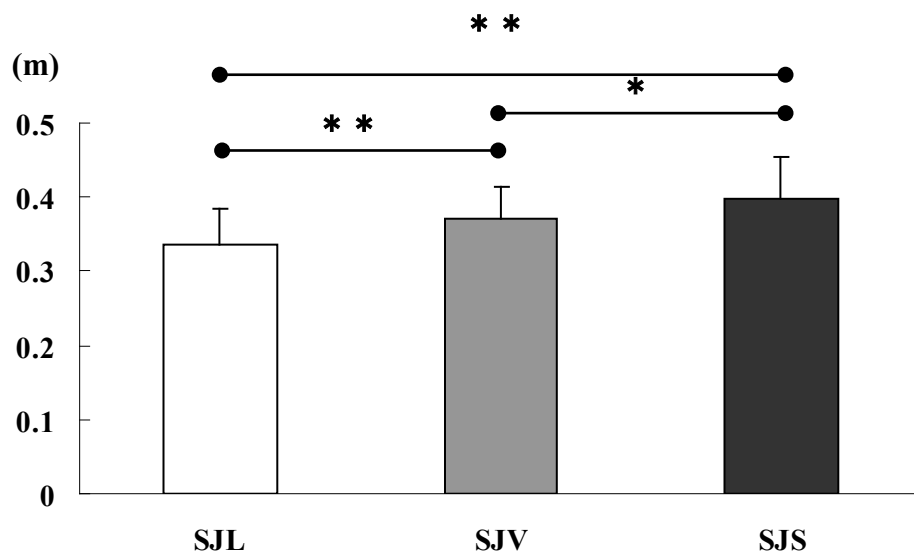


Fig. 4: Comparison between SJL, SJV, and SJS in jump height (m). Multiple comparison was used to compare the statistical differences between SJL, SJV and SJS in jump height (**: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$).

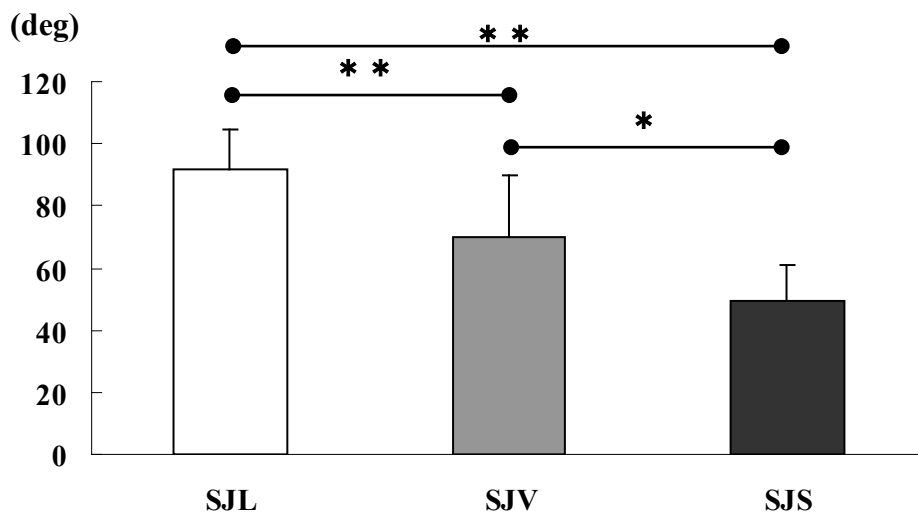


Fig. 5: Comparison between SJL, SJV, and SJS in initial hip joint angle (deg). Multiple comparison was used to compare the statistical differences between SJL, SJV and SJS in the initial hip joint angle (**: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$).

に対する大腿セグメントの初期角度(平均±SD)は、SJL, SJV, SJS それぞれ $34.3\pm 5.4^\circ$, $31.0\pm 4.8^\circ$, $27.8\pm 3.3^\circ$ であった。両者の初期角度では、それぞれ $SJL > SJS$, $SJV > SJS$, $SJL > SJV$ で有意差が見られた。

水平軸に対する下腿セグメントの初期角度(平均±SD)は、SJL, SJV, SJS それぞれ $57.4\pm 5.3^\circ$, $61.0\pm 3.8^\circ$, $63.5\pm 3.5^\circ$ であり、 $SJL < SJS$, $SJV < SJS$, $SJL < SJV$ で有意差が見られた。水平軸に対する足部セグメントの初期角度(平均±SD)は、SJL, SJV, SJS それぞれ $30.1\pm 5.6^\circ$, $29.6\pm 4.3^\circ$, $28.7\pm 4.4^\circ$ であり、SJL, SJV, SJS のすべての試行の組み合わせで有意差が見られなかった。

したがって、スクワットジャンプの初期動作において、膝関節を 90° に固定させ、体幹セグメントを前傾させた場合、同時に水平軸に対する大腿セグメントの角度も小さくなる。さらに、このとき水平軸に対する下腿セグメントの角度は大きくなり、足部セグメントの位置は変わらないことがわかった。

跳躍高(平均±SD)は SJL, SJV, SJS それぞれ 0.34 ± 0.05 m, 0.37 ± 0.04 m, 0.40 ± 0.06 m (Table 1) であり、有意差が見られたのは $SJL < SJS$ (増加率 17.6%), $SJV < SJS$ (増加率 8.1%), $SJL < SJV$ (増加率 8.8%) であった。以上の結果から、股関節の初期角度が小さくなるほど、跳躍高は増加する傾向となった。

運動が開始されてから足が地面から離れるまでの各試行の動作時間(push-off time)は、SJL, SJV, SJS それぞれ 0.34 ± 0.04 s, 0.36 ± 0.04 s, 0.38 ± 0.04 s (Table 1) であり、 $SJL < SJS$, $SJV < SJS$, $SJL < SJV$ で有意差が見られた。

IV. 考察

本研究の結果より、膝関節初期角度を 90° に規制するという条件下では、動作初期の股関節角度を可能な限り小さくし、体幹セグメントを前傾させると、跳躍高が上昇し、被験者個人が至適であると感じている股関節初期角度は、最高跳躍高を生み出すとは

限らないことが明らかになった。また、体幹セグメントを前傾させた場合、同時に水平軸に対する大腿セグメントの角度は小さくなり、下腿セグメント角度は大きくなることがわかった。

本研究は、スクワットジャンプの初期姿勢の違いが跳躍高に影響を与えないと報告する先行研究^{3, 19)}とは異なる結果となった。Bobbert et al.³⁾の研究と異なる結果であった理由として、初期姿勢の規制の方法が異なることが挙げられる。本研究では、股関節の初期角度を規制したのに対し、Bobbert et al.は初期の股関節の角度の規制は行っていない。また、本研究の実験被験者は $n=23$ であるのに対し、Bobbert et al.の実験では $n=6$ であり、被験者数に大きな差があることも考えられる。

一方、下肢反動動作を用いると、反動切り返し直後の股関節トルクが大きくなり、その働きによって股関節仕事量が増大し、結果的に跳躍高の増加に結びつくとの報告がある^{3, 4)}。また、腕振り動作を用いると、肩関節を通して体幹に及ぼされる作用(肩関節トルクと体幹の重心まわりに生じる肩関節間力によるトルク)が体幹に対して股関節屈曲の方向に大きな負荷を与える。その負荷に対し股関節伸展筋の活動が増加することにより、股関節トルクが増加する。また、腕振りによる股関節屈曲方向の負荷により股関節伸展速度が抑えられる(力-速度関係)ことによって、股関節トルクの増加がやはり促進されると報告されている¹¹⁾。

このように、下肢反動動作や腕振り動作はどちらも下肢の筋がより大きな仕事をしやすい状況を作りだすが、両者を用いないスクワットジャンプにおいても、初期角度を変えることで、股関節の仕事発揮に大きな影響を与えられられる。初期の股関節角度を可能な限り小さくすることで跳躍高が増加した本研究の結果は、股関節における以下のような効果によるものと推察できる。一つ目は、初期位置を可能な限り股関節屈曲させた状態にすると、体幹セグメントが前傾するとともに、水平軸に対する大腿セグメントの角度が小さくなり、動作開始から離地までの股関節可動域は大きくなる。その結果、仕事量も大きくなる可能性がある。二つ目は、初期位置

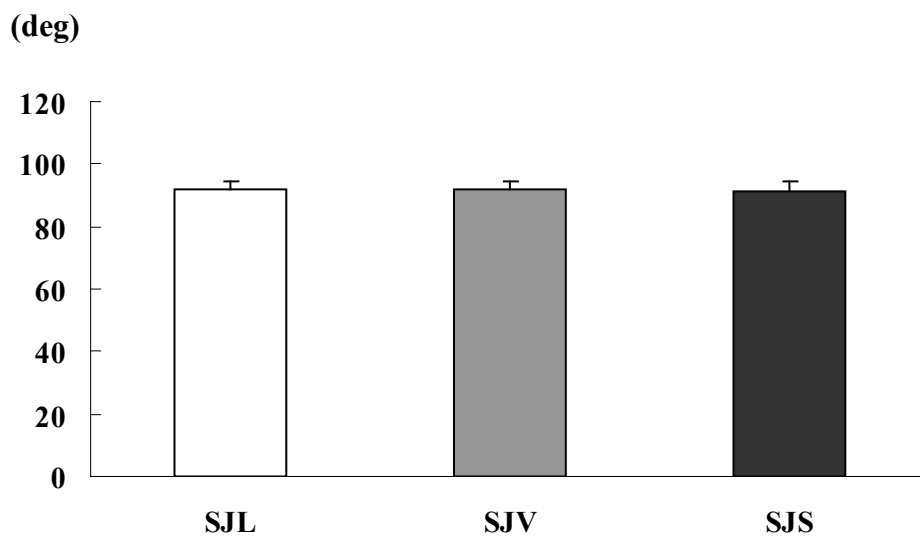


Fig. 6: Comparison between SJL, SJV, and SJS in initial knee joint angle (deg). Multiple comparison was used to compare the statistical differences between SJL, SJV and SJS in the initial knee joint angle (**: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$).

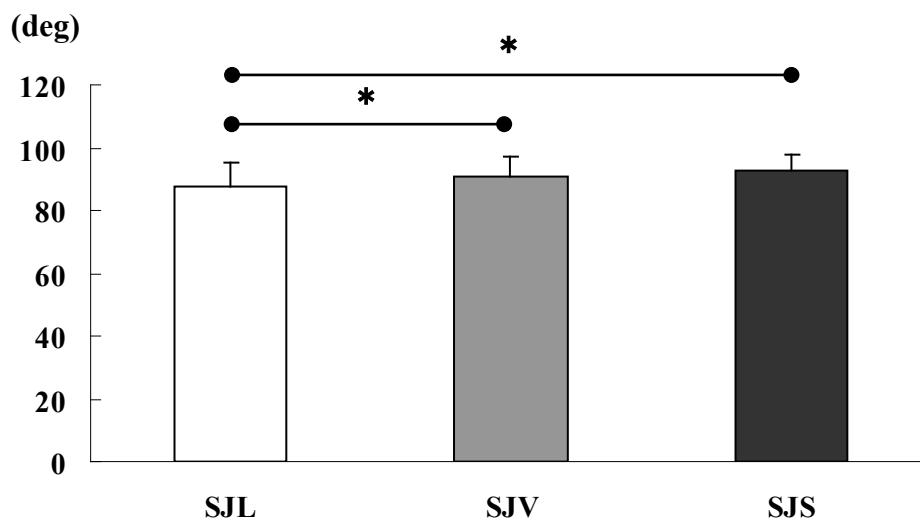


Fig. 7: Comparison between SJL, SJV, and SJS in initial ankle joint angle (deg). A one-way multiple comparison was used to compare the statistical differences between SJL, SJV and SJS in the initial ankle joint angle (**: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$).

が屈曲位であることで、筋のカー長さ関係における至適長に近い状態となり、より大きな股関節トルクを発揮できる可能性がある。最後に、体幹セグメントをあらかじめ前傾させておくことにより、股関節屈曲方向の負荷が働き、股関節伸展速度が抑えられることによって、股関節伸展トルクの発揮が有利な状態になる（カー速度関係）可能性である。

ところで、股関節初期角度を可能な限り屈曲させた状態からスクワットジャンプを行うことで、跳躍高増加というパフォーマンス向上が達成されるが、現実的な動作としてはマイナスとなる要素を含む可能性もある。例えば、動作の可動域が大きくなり、動作時間が長くなりすぎるという点である。本実験における **push-off time** では、SJS における動作時間が他の試行に比べて有意に大きく、動作時間が長かった。素早い動作が要求される競技等においては、瞬時に反応して動作を遂行する必要がある、本実験で行われたような跳躍高を最大とするためのスクワットジャンプは不利になると考えられる。また、体幹セグメントが前傾しすぎることが原因で視線が低下し、素早い判断や動きに対して不利になる可能性もある。

一方、膝関節を一定にして、股関節も制限すれば、それらを補償するように足関節も変化する。結果で述べたように、足関節初期角度では、 $SJL < SJS$, $SJL < SJV$ で有意差が見られ、水平軸に対する下腿セグメントの初期角度では、 $SJL < SJS$, $SJV < SJS$, $SJL < SJV$ で有意差が見られた。一方、足部のセグメントが水平軸となす初期角度では、 SJL , SJV , SJS のすべての試行の組み合わせで有意差が見られなかった。したがって、膝を 90° に固定させて、股関節初期角度を可能な限り屈曲させた場合、足部セグメントの位置は変えずに、下腿セグメントをより立てるようにして、姿勢の安定を図ることがわかった。下腿セグメントの初期位置の変化は、足関節のトルク発揮に影響を及ぼし、足関節仕事量発揮も変化している可能性がある。

今回はトルクや仕事のデータがないため、今後、地面反力データを取得することにより、下肢各関節のトルクや仕事量発揮を実際に計算し、検討するこ

とが必要である。

V. 実践への示唆

本研究では、動作初期の股関節角度を可能な限り小さくすると、体幹・大腿セグメントの初期位置が、股関節角度が大きいときに対して仕事を発揮しやすい位置関係になり、跳躍高が上昇した。また、個人が至適と考えて任意に選択する股関節の初期角度が必ずしも最大の跳躍高をもたらすわけではないことが本研究より示された。

スクワットジャンプを用いて跳躍能力を測定するときには、その測定の目的をはっきりさせておかななくてはならない。体力テストで技術的な要素を極力除いた最大跳躍高やパワー発揮能力を測定することが目的であれば、今回の実験結果で明示されたように、選手の股関節角度が大きすぎる等明らかに初期姿勢が高く跳ぶために不十分であると感じられた場合は、「体幹を少し前傾させるように」というアドバイスを与えることも必要であろう。そうすることで、選手のもつパワー発揮を最大限に引き出すことができる。一方、スポーツ動作等におけるコーディネーション技術を含めてスクワットジャンプの測定を行うことが目的の場合には、初期姿勢の制限は最低限にすべきである。

先に述べたように、**push-off time** を早くすること、跳躍高を高くすることは両立しない。つまり、高い跳躍高にするには **push-off** の動作を遅くする必要があり、**push-off** の動作を速くすると、跳躍高が下がると考えられる。スキージャンプ競技などで動作開始から離地までの一連の動きがあらかじめ予測でき、タイミングを自分で決定できる場合は、本研究で得られた結果を適用するのが良いと思われる。一方、バスケットボールなど、素早い動作が要求される球技等においては、跳躍高を多少犠牲にしても素早く跳躍動作を行う必要がある、その場合は、動作初期の股関節角度を小さくしすぎないほうが良いだろう。したがって、スポーツ競技の場では、求められる動作に基づいて、スクワット姿勢での股関節角度を決定し、**push-off** の動作時間および跳躍高が適切

となるように、跳躍動作を遂行することが必要である。

VI. 引用・参考文献

- 1) 阿江通良, 渋川侃二. 身体運動における身体各部の貢献度のバイオメカニクスの分析法: 垂直跳の踏切を例にして. 体育学研究, 25: 233-243, 1980.
- 2) Asmussen, E., & Bonde-Petersen, F. Apparent efficiency and storage of elastic energy in human muscles during exercise. *Acta physiol Scand*, 92: 537-545, 1974.
- 3) Bobbert, M.F., Gerritsen, K.G.M., Litjens, MCA., & van Soest, A.J. Why is countermovement jump height greater than squat jump height? *Med Sci Sports Exerc*, 28: 1402-1412, 1996.
- 4) Bobbert, M.F., & Richard Casius, L.J. Is the effect of a countermovement on jump height due to active state development? *Med Sci Sports Exerc*, 37: 440-446, 2005.
- 5) Bosco, C., & Komi, P.V. Potentiation of the mechanical behavior of the human skeletal muscle through prestretching. *Acta physiol Scand*, 106(4): 467-472, 1979
- 6) Bosco, C., Viitasalo, J.T., Komi, P.V., & Ito, A. Prestretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement. *Acta physiol Scand*, 111: 35-140, 1981.
- 7) Bosco, C., Viitasalo, J.T., Komi, P.V., & Luhtanen, P. Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercises. *Acta physiol Scand*, 114: 557-565, 1982.
- 8) Komi, P.V. Physiological and biomechanical correlates of muscle function: Effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. *Med Sci Sports Exerc Review*, 12: 81-117, 1984.
- 9) Feltner, M.E., Frascchetti, D.J. & Crisp, R.J. Upper extremity augmentation of lower extremity kinetics during countermovement vertical jumps. *J Sports Sci*, 17: 449-466, 1999.
- 10) Fukashiro, S. & Komi, P.V. Joint moment and mechanical power flow of the lower limb during vertical jump. *Int. J. Sports Med*, 8: 15-21, 1987.
- 11) Hara, M., Shibayama, A., Takeshita, D., & Fukashiro, S. The effect of arm swing on lower extremities in vertical jumping. *J Biomech*, 39: 2503-2511, 2006.
- 12) Harman, E.A., Rosenstein, M.T., Frykman, P.N., & Rosenstein, R.M. The effect of arms and countermovement on vertical jumping. *Med Sci Sports Exerc*, 22: 825-833, 1990.
- 13) Luhtanen, P., & Komi, P.V. Segmental contribution to force in vertical jump. *Eur J Appl Physiol*, 38: 181-188, 1978.
- 14) Lees, A., & Barton. The interpretation of relative momentum data to assess the contribution of the free limbs to the generation of vertical velocity in sports activities. *J Sports Sci*, 14: 503-511, 1996.
- 15) Lees, A., Vanrenterghem, J., & Clercq, D.D. Understanding how an arm swing enhances performance in the vertical jump. *J Biomech*, 37: 1929-1940, 2004.
- 16) Miller, D.J. A Biomechanical analysis of the contribution of the trunk to standing vertical jump takeoffs. In: Broekhoff, J. (Ed.), *Physical Education, Sports and Sciences. Microform Publications*, Eugene, OR, pp. 355-374, 1976.
- 17) Payne, A.H., Slater, W.J., & Telford, T. The use of a force platform in the study of athletic activities. A preliminary investigation. *Ergonomics*, 11: 123-143, 1968.
- 18) 佐川和則, 禿正信, 松本晃雄, 垂直跳びの反動動作が下肢関節の機械的仕事へ及ぼす影響, *Jpn J Sports Sci*, 8: 635-640, 1989.

- 19) Selbie, W.S., & Caldwell, G.E. A simulation study of vertical jumping from different starting postures. *J Biomech*, 26: 1137-1146, 1996

Abstract

**The effect of differentiation in the initial angle of the hip joint
on squat jump performance**

The purpose of this study was to quantify the effect of the differences in the initial angles of hip joint on squat jump performance, and in order to provide this useful knowledge for athletic training and physical fitness tests.

Twenty three subjects performed maximum effort squat jumps from three different initial hip joint angles: the largest hip joint angle (SJL), the voluntary selected hip joint angle which the subjects thinks optimum (SJV) and the smallest hip joint angle (SJS). The subjects jumped on a switch mat (1000Hz) and all of their performances were captured with a video camera (60Hz). Jump height and the initial joint angle of each lower extremity were calculated using kinematic data. Multiple comparison was used to analyze the statistical differences between SJL, SJV and SJS in jump height and each initial joint angle.

The values of the initial hip joint angle in SJL, SJV and SJS were 91.6 ± 13.3 , 70.0 ± 19.5 and 49.7 ± 11.0 deg, respectively, and significant differences were observed in the following pairs of conditions: $SJL > SJS$, $SJV > SJS$ and $SJL > SJV$. The value of the voluntary initial angle of the hip joint (SJV) was about the angle intermediate between SJS and SJL. On the other hand, the values of the jump height in SJL, SJV and SJS were 0.34 ± 0.05 , 0.37 ± 0.04 and 0.40 ± 0.06 m, respectively, and significant differences were observed in the following pairs of conditions: $SJL < SJS$ (17.6% increase), $SJV < SJS$ (8.1% increase) and $SJL < SJV$ (8.8% increase).

These results suggested that, of the three jumping conditions, the best performance was obtained when the subject jumped from the smallest hip joint angle, and was not from the voluntary selected initial positions which the subjects thought optimum.

Key word: squat jump, kinematics, initial hip joint angle, jump height