

大学女子ハンドボール選手における踏切脚と非踏切脚による片脚リバウンドジャンプ遂行能力と両脚スクワット1RMおよびスクワットジャンプ最大パワー発揮能力との関係性の相違

下河内 洋平^{1,2,3}、井川 貴裕³、渡邊 有実²、油谷 浩之^{2,5}、井口 理^{2,4}、内田 靖之⁴、楠本 繁生¹
¹大阪体育大学体育学部、²大阪体育大学大学院スポーツ科学研究科、³大阪体育大学トレーニング科学センター、
⁴関西医療大学保健医療学部、⁵スマートストレングス

Different relationships of single-leg rebound jump performance using takeoff and non-takeoff legs with double-leg squat 1RM and squat jump maximum power in college female handball players

Yohei Shimokochi^{1,2,3}, Takahiro Igawa³, Yumi Watanabe², Hiroyuki Abutani^{2,5}, Makoto Iguchi^{2,4}, Yasuyuki Uchida⁴ and Shigeo Kusumoto¹
¹Osaka University of Health and Sport Sciences, School of Health and Sports Sciences ²Graduate School of Health and Sport Sciences, Osaka University of Health and Sport Sciences, ³Osaka University of Health and Sport Sciences Training Science Centre, ⁴Kansai University of Health Sciences, Faculty of Health Sciences, ⁵SMART STRENGTH

Abstract

We examined the relationship of the ability to perform a rebound jump (RJ) using the takeoff leg (the leg used to takeoff when throwing a handball into a goal) or the non-takeoff leg with the double-leg squat 1RM (SQ1RM) and the maximum squat jump power (SQJP). Nineteen college female handball players participated in the study. They performed double-leg squats and jumps with different loads to determine their SQ1RM and SQJP values, and 10 consecutive single-leg RJs on a mat switch; the contact time, jump height, and RJ_{index} (= jump height/contact time) were determined as indicators of RJ performance. Linear regression analyses were performed to predict each RJ performance indicator for the takeoff and non-takeoff legs separately with SQ1RM or SQJP. The results showed that, for the takeoff legs, higher SQ1RM ($R^2 = 0.235\sim 0.454$, $p < 0.05$) and SQJP ($R^2 = 0.238\sim 0.426$, $p < 0.05$) values significantly relate to greater jump height and RJ_{index} and shorter contact time. For the non-takeoff legs, a significant positive correlation was seen only between SQ1RM and RJ_{index} ($R^2 = 0.158$, $p < 0.05$), indicating that SQ1RM and SQJP may only reflect the capacity to perform RJs in the takeoff legs of female players. Thus, for these athletes, it is necessary to establish reliable single-leg squat 1RM and squat jump power measurements to assess each leg's strength. Further, our results suggest that training programs for athletes with lower extremity bilateral neuromuscular asymmetry should focus more on single-leg closed kinetic chain exercises to effectively train both legs.

Keywords: strength test, power test, bilateral asymmetry, lower extremity

要約

本研究はハンドボールにおいてシュートを打つ時の踏切脚と非踏切脚による片脚リバウンドジャンプの遂行能力と、両脚を用いたスクワット1RM (SQ1RM) 及びスクワットジャンプ最大パワー値 (SQJP) との関係性を検証した。19人の大学女子ハンドボール選手が本研究に参加した。彼女らは異なった負荷を用いてバックスクワットとスクワットジャンプを行い、SQ1RMとSQJPを決定した。また、測定参加者は片脚リバウンドジャンプ (RJ) をマットスイッチの上で10回行い、その時の接地時間、跳躍高、RJ指数 (跳躍高/接地時間) をRJ遂行能力の指標として測定/算出した。各RJ遂行能力の指標をSQ1RMまたはSQJPで予測する直線回帰分析を、踏切脚と非踏切脚別々に行った。その結果、踏切脚においてはSQ1RM ($R^2 = 0.235\sim 0.454$, $p < 0.05$)とSQJP ($R^2 = 0.238\sim 0.426$, $p < 0.05$)がより高いほど、跳躍高とRJ指数がより高く、接地時間がより短い関係性が示された。一方、非踏切脚においては、有意な関係性はSQ1RMとRJ指数の間のみ見られた ($R^2 = 0.158$, $p < 0.05$)。これらの結果は、女子ハンドボール選手においては、SQ1RMとSQJPは踏切脚のRJ遂行能力のみ反映していることを示している。よって、これらの選手の下肢の筋力及び筋パワーを評価するためには、片脚スクワット1RMや片脚スクワットジャンプパワーを高精度で測定する方法を確立する必要がある。また、本研究結果は、下肢神経筋機能の左右不均衡を有する選手が両脚を効率的に鍛えるためには、より片脚での閉鎖性運動連鎖による運動をトレーニングプログラムにおいて強調する必要があることを示している可能性がある。

キーワード: 筋力測定、パワー測定、左右不均衡、下肢

責任著者: 下河内洋平

住所: 〒590-0496 大阪府泉南郡熊取町朝代台1番1号 大阪体育大学

電話番号: 072-453-8903

Email: yshimoko@ouhs.ac.jp

受付: 2013年9月5日/受理: 2013年12月4日

Corresponding Author: Yohei Shimokochi

Address: 1-1 Asashirodai, Kumatori-cho, Sennan-gun, Osaka, Japan, 590-0496

Email: yshimoko@ouhs.ac.jp

Received: September 5, 2013/Accepted: December 4, 2013

I. 序論

長期的、短期的なトレーニング目標を含めた効果的なストレングストレーニングやパワートレーニングのプログラムを作成するためには、定期的な筋力及び筋パワーの測定は必要不可欠な要素である。例えば、閉鎖性運動連鎖による総合的で機能的な下肢の最大筋力や筋パワー発揮能力の指標として、一般的に両脚スクワットのRepetition Maximum (以下「RM」と略す)測定やスクワットジャンプの最大パワー発揮能力測定などが行われる^{1,2,15}。これらの指標は非常に測定の再現性が高いことに加え^{3,11}、ストレングストレーニングやパワートレーニングの負荷設定を行うための指標として有用性が高い^{3,6}。さらに、スクワットのRMやスクワットジャンプにおけるパワー発揮値は、ジャンプやスプリントパフォーマンス、ハムストリングス系エクササイズの前上可能負荷など、様々なエクササイズの遂行能力とも相関が高いことが示されている^{5,9,14}。これらのことから、スクワットやスクワットジャンプは閉鎖性運動連鎖による下肢の総合的な筋力及び筋パワーの発揮能力の評価には最適なエクササイズの1つであると考えられる。

上述のような下肢のスクワットRM測定やスクワットジャンプパワー発揮能力測定は、多くの場合、両脚を用いて行われる。しかしながら、ハンドボール競技のように、利き手を用いてシュートを行うような左右非対称の動きを行う競技においては、試合や練習中において下肢の左右における使い方や使う頻度などにも不均衡が生じることが予想される。例えば、右手でシュートを打つ選手は必然的に左脚を用いて踏み切る機会が多くなり、逆の場合もまた然りであることが考えられることから、踏切脚と非踏切脚においては異なった神経筋の適応が生じている可能性が考えられる。更に、過去の研究においては、下肢の筋力発揮やその調節能力には左右不均衡が存在することが報告されている^{13,16,17}。

これらのことから、ハンドボールの様に左右非対称に下肢を用いる競技を行っている選手においては、通常行われる両脚スクワットRM測定やスクワットジャンプによるパワー発揮能力測定では下肢筋機能の左右不均衡を考慮に入れた下肢の筋力及び筋パワーの評価を行えていない可能性が考えられる。

そこで本研究の第一の目的は、女子ハンドボール選手を用いて両脚スクワットジャンプにおける最大パワー発揮値 (以下「SQJP」と略す) 及び両脚スクワット1RM (以下「SQ1RM」と略す) と片脚リバウンドジャンプ (RJ) 遂行能力との関係性を検証することであった。また、本研究における第二の目的は、シュート踏切脚と非踏切脚を用いたRJ遂行能力の間の関係性や相違を検証することであった。第一の研究目的に対しては、SQJP及びSQ1RMは、シュート時の踏切脚におけるRJ遂行能力とは有意な関係性はあるが、非踏切脚においては有意な関係性がないとの仮説を立て、第二の研究目的においては、RJ遂行能力には踏切脚と非踏切脚の間の相関関係は低く、有意差が存在するとの仮説を

立て検証を行った。

II. 方法

1. 被験者

測定参加者は大学1部リーグに所属する女子ハンドボール部員19名 (身長: 162.1 ± 5.7 cm、体重: 57.4 ± 5.2 kg、年齢: 20 ± 1 歳) であった。全ての測定参加者は、バックスクワット、スクワットジャンプ、片脚リバウンドジャンプなどを含んだ週2回から3回のトレーニングを3ヶ月以上行っているトレーニング熟練者であった。全ての測定参加者は、測定者より測定や測定データの研究への使用に関する十分な説明を受け、その内容に承諾した上で測定に参加した。測定データの研究への使用は大阪体育大学研究倫理審査委員会により承認され、全ての測定はヘルシンキ宣言の趣旨に準拠して倫理的配慮のもとに行われた。

2. 両脚スクワット1RM測定

全てのSQ1RM測定はバックスクワットで行い、膝関節が90°屈曲するまで身体重心を下げるように指示した。全ての測定参加者の膝の屈曲度合いやフォームは、測定者により確認された。最初に測定参加者には、8~10回上げることができると思われる重量を選んでもらい、ウォーミングアップとしてその重量を用いて5回程度スクワットを行ってもらった。1セットにつき1レペティションで徐々に負荷を上げながらスクワットを行い、1RMに到達するまで繰り返し行った。測定中は、選手に大声で掛け声をかけ、できる限りの言葉による激励を行った。セット間は十分な休息を挟んだ。ほとんど全ての被験者は5セット以内で1RMを決定することができた。

3. 両脚スクワットジャンプにおける最大パワー発揮値の測定

先行研究^{8,10,12}においては、筋の最大パワー発揮能力を最も効率よく高めるためには、最大パワー発揮が生じる重量を用いてトレーニングすることが最も効果的であることが認められている。そのため、本研究においては様々な負荷により両脚スクワットジャンプを測定参加者に行ってもらい、



図1. パワー測定器 (FitroDyne Basic) を用いたスクワットジャンプによるパワー測定。測定参加者は、膝関節が約90°屈曲になるまで身体を沈み込ませ (①)、全力でジャンプを行った (②)。

そのなかで記録された最大パワー値をSQJPとし分析に用いた。

SQJP測定は、パワー測定器 (FITROdyneBASIC, FITRONiC s.r.o, Bratislava, Slovakia) を用いた。このパワー測定器は、パワー測定器からでてくる巻き上げ式のワイヤーの先端をバーベルのシャフトに取り付け、スクワットジャンプなどでシャフトが上方に移動する際の平均速度を測定する。そして、バーベル挙上時の平均速度と挙上重量との積を算出することでパワー値を算出する仕組みとなっている。

SQJP測定の際にワイヤーができる限り垂直に引っ張られるように、パワー測定器は測定参加者の真横に置いた。測定参加者はワイヤーを取り付けたバーベルを図1のように担ぎ、約90°膝を屈曲させるまで身体重心を下げた後、全力でジャンプを行った。膝関節屈曲角度は測定者が目視により確認し、90°まで屈曲できない試技は無効とした。プレートの負荷は5kgごと上げながらスクワットジャンプを行い、最大パワー値 (SQJP) を決定した。

4. 片脚リバウンドジャンプ測定

片脚リバウンドジャンプ (RJ) は両手を腰に当てた状態で行った。測定参加者には、RJを行う際、できる限り接地時間を短くし、できる限り高く跳ぶように指示をした。測定参加者は測定前にウォーミングアップとしてRJを何回か行った。その後、測定参加者は全てのRJをマットスイッチ (Multi Jump Tester, DKH社) 上で10回連続行い、接地時間 (sec) 及び滞空時間 (sec) を測定した。そして、滞空時間から以下の式により跳躍高 (m) を推定した：

$$\text{跳躍高} = (1/8) * 9.81 * (\text{滞空時間})^2$$

また、各脚のRJ遂行能力を評価するために、RJ指数を以下の式で算出した：

$$\text{RJ指数} = \text{跳躍高} / \text{接地時間}$$

このRJ指数は、接地時間が短いほど、そして跳躍高が高いほど増大するため、RJを行った時のパワー発揮値を体重 (N) で正規化したものと同義である。

データは10回RJを行ったうちの最初の3回と最後の2回を除いた中5回の平均値を各測定参加者において算出し、代表値とした。本研究で用いた全ての測定項目は、先行研究^{4,7,11}において再現性が高いことが報告されている。

5. 統計処理

本研究の第一の仮説を検証するために、RJ遂行能力の指標 (接地時間、跳躍高、RJ指数) を従属変数とし、SQ 1 RMまたはSQJPを独立変数とした直線回帰分析を踏切脚および非踏切脚においてそれぞれ行った。また、本研究の第二の仮説を検証するために、RJ遂行能力の各変数において、踏切脚と非踏切脚の間でピアソンの積率相関係数の算出と対応のある t 検定を行った。有意確率は5%水準とした。

III. 結果

表1に各変数の平均値、標準偏差、そして範囲を示した。また、図2と3は、非踏切脚と踏切脚におけるSQJP又はSQ1RMを独立変数とし、RJ遂行能力の各変数を従属変数とした直線回帰分析の結果及び散布図を示した。

表1. 各変数の平均値、標準偏差、及び範囲

	平均値±標準偏差	範囲
両脚スクワット1RM (×Body Weight)	1.6 ± 0.3	1.2~2.2
両脚スクワットジャンプ最大パワー (W・N ⁻¹)	8.4 ± 1.5	6.5~11.4
両脚スクワットジャンプ挙上重量 (%1RM)	53.9 ± 10.4	35.0~60.0
片脚リバウンドジャンプ指数 (m/sec)		
踏切脚	0.536 ± 0.141	0.291~0.875
非踏切脚	0.532 ± 0.107	0.252~0.717
片脚リバウンドジャンプ跳躍高 (m)		
踏切脚	0.126 ± 0.028	0.075~0.190
非踏切脚	0.128 ± 0.025	0.057~0.170
片脚リバウンドジャンプ接地時間 (sec)		
踏切脚	0.239 ± 0.026	0.196~0.287
非踏切脚	0.241 ± 0.020	0.201~0.283

非踏切脚におけるSQ1RMとRJ遂行能力との関係性をみると、非踏切脚においてSQ1RMはRJ指数とのみ低い正の相関が認められたが、接地時間及び跳躍高との間には有意な関

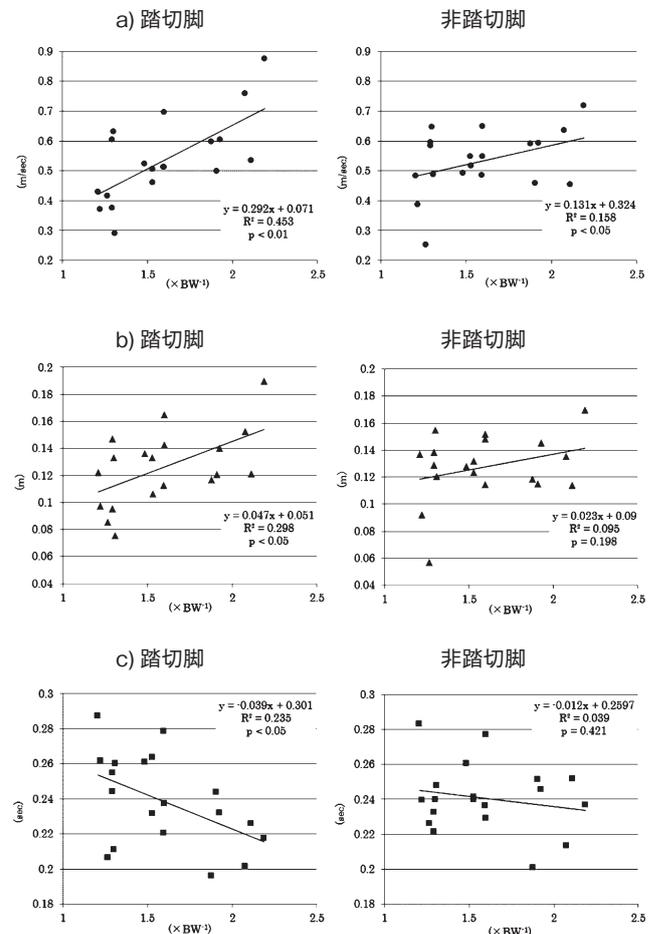


図2. スクワット 1 RMを独立変数とし、a) RJ指数、b) 跳躍高、c) 接地時間をそれぞれ従属変数とした踏切脚及び非踏切脚における直線回帰分析結果

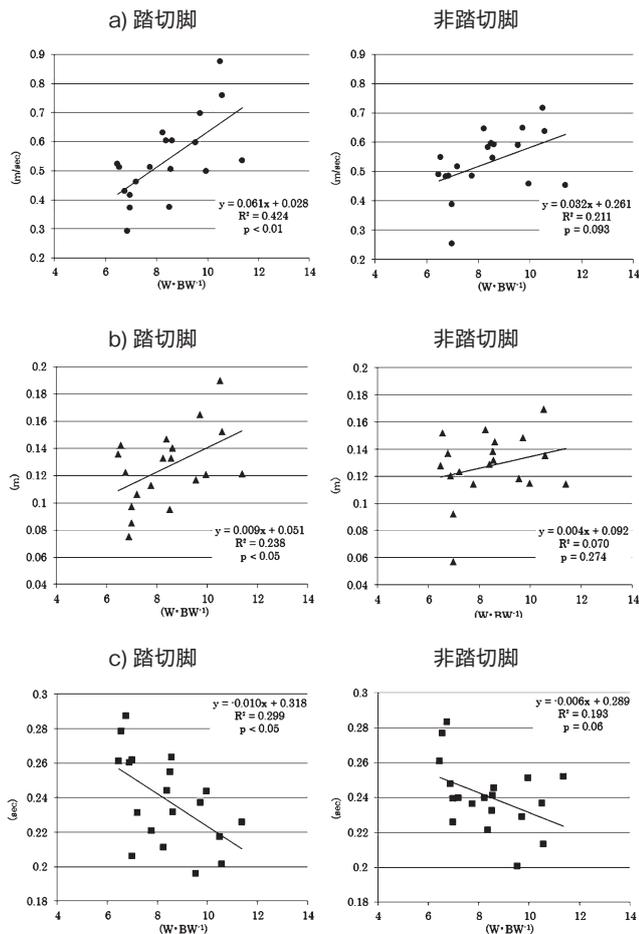


図3. 最大スクワットジャンプパワー発揮値を独立変数とし、a) RJ指数、b) 跳躍高、c) 接地時間をそれぞれ従属変数とした踏切脚及び非踏切脚における直線回帰分析結果

係性は見られなかった(図2参照)。一方、踏切脚においては、SQIRMはRJにおける全ての変数と有意な中程度の相関関係を示し、SQIRMが高いほど、RJにおける跳躍高及びRJ指数が高くなり、接地時間が短くなる傾向を示した。又、非踏切脚においてSQIRMと有意な相関関係を示したRJ指数のR²値は、踏切脚におけるSQIRMとRJ指数との間のR²値と比較し、約1/3の値であった。

非踏切脚におけるSQJPとRJ遂行能力との関係性をみると、非踏切脚においては全ての変数と有意な相関関係が認められなかった(図3参照)。一方、踏切脚におけるSQJPはRJにおける全ての変数と中程度の相関関係を示し、SQJPが高いほど、RJにおける跳躍高及びRJ指数が高くなり、接地時間が短くなる傾向を示した。

踏切脚と非踏切脚の間でRJ遂行能力を示す各変数の相関係数を算出した結果、接地時間(R = 0.765, p < 0.01)、跳躍高(R = 0.719, p < 0.01)、RJ指数(R = 0.715, p < 0.01)ともに高い有意な正の相関関係を示した。対応のあるt検定により踏切脚と非踏切脚の間においてRJ遂行能力を示す各変数の相違を検証したところ、全ての指標において有意な相違は見られなかった(接地時間:t = 0.526, p = 0.605; 跳躍高:t = 0.361, p = 0.723; RJ指数:t = -0.151, p = 0.882)。

IV. 考察

本研究は、通常両脚で測定するスクワットジャンプにおけるSQIRMやSQJPが、踏切脚または非踏切脚により行われるRJ遂行能力と関係性があるか大学女子ハンドボール選手を用いて検証した。また、RJ遂行能力には踏切脚と非踏切脚の間で関係性や有意差が存在するかを検証した。その結果、SQIRM及びSQJP共に、踏切脚においては、RJ遂行能力を示す全ての指標と有意な相関関係を示したが、非踏切脚においては、SQIRMとRJ指数の間に低い有意な正の相関が見られた以外は、全ての指標において有意な相関関係を示さなかった。一方、RJ遂行能力を示す全ての指標は、踏切脚と非踏切脚の間で有意な高い相関関係を示し、有意差は存在しなかった。以上の結果から、我々の第一の仮説はおおむね支持されたが、第二の仮説は棄却される結果となった。

ハンドボール選手は、例えば右腕でシュートを打つ選手の場合、左脚で踏切ながらシュートを打つ回数が必然的に多くなることが考えられる。そのため、本研究に参加した女子ハンドボール選手においては、踏切脚と非踏切脚では、異なる神経筋の適応が生じている可能性があるとの予測をたて、両脚で行う筋力及び筋パワーの測定においては、正確に両脚の能力を評価し得ないとの仮説をたてた。本研究の結果は、おおむねその予測を支持する結果となった。

これらのことは、下肢の神経筋機能に左右不均衡が生じていると考えられる選手の最大筋力及び筋パワーの発揮能力評価には、両脚による測定のみでは不十分であり、片脚による評価が必要であることを示唆していると考えられる。このことは、大学女子柔道選手において両脚に傷害歴が無い群においては片脚スクワット1RMに左右差が無く、片脚に傷害歴を有する群においては、患側は健側と比較し片脚スクワット1RMが有意に低いことを示した山田らの報告¹⁷からも支持される。我々の知る限り、片脚スクワットジャンプにおけるパワー測定評価を行っている先行研究は見当たらないが、片脚によるスクワットRM測定の再現性については、McCurdy et al.¹¹が検証している。彼らは、トレーニングを普段行っていない男女30名と、トレーニングを普段行っている男女22名を被験者とし、片脚スクワットにおける1RMと3RM測定の再現性を検証した。その結果、トレーニング習慣の有無にかかわらず、男女において1RMと3RMともにICC > 0.8以上の非常に高い再現性が確認された。しかし、McCurdy et al.¹¹は片脚スクワットのRM測定時に、非支持足の背側面を被験者の後ろに置いたベンチに掛けた状態で片脚スクワットを行わせた。よって、非支持足においてもバーベルの挙上を補助できるため、純粋な片脚のスクワットRM測定とは言えない可能性がある。今後、下肢筋機能の左右不均衡を有するアスリートに対して、最適な片脚スクワットRMや片脚スクワットジャンプのパワー発揮能力の評価方法の確立が必要であると考えられる。

本研究の結果、踏切脚と非踏切脚の間のRJ遂行能力の各変数間の相関関係は、全ての対応する変数間において、相

関係数 (R値) は0.715~0.765と高い値を示した。さらに、対応のあるt検定の結果、全ての変数において踏切脚と非踏切脚の間に有意差は示されなかった。これらの結果は、我々の第二の仮説を支持しない。

先行研究^{13,16)}においては、下肢の筋力発揮に左右不均衡が存在することが報告されている。一見本研究結果はこれらの先行研究^{13,16)}の報告を支持しないように見える。しかし、本研究とこれらの先行研究^{13,16)}における結果の相違は、被験者や分析方法の相違に起因すると考えられる。Newton et al.¹³⁾は、NCAA Division Iリーグに所属する大学ソフトボール選手を被験者に用いたが、ソフトボールのような種目は競技中にハンドボールよりも左右非対称に下肢を使うため、より利き脚と非利き脚の間の筋力差が大きかったことが考えられる。更に、これら2つの先行研究は、利き脚の定義をより大きな筋力発揮ができた側の脚と定義したため、必然的に有意差が生じたと考えられる。実際に、本研究の結果をみると、19名中8名の測定参加者において、踏切脚の方が非踏切脚と比較してRJ指数が低かった。そこで、本研究のデータを、先行研究^{13,16)}のようにRJ遂行能力が高い方を利き脚とし、低い方を非利き脚としてt検定を行ったところ、RJ指数 (利き脚: 0.57 ± 0.12 m/sec, 非利き脚: 0.51 ± 0.12 m/sec, $p < 0.01$) と跳躍高 (利き脚: 0.134 ± 0.025 m, 非利き脚: 0.120 ± 0.026 m, $p < 0.01$) は利き脚が非利き脚よりも有意に高く、接地時間 (利き脚: 0.236 ± 0.023 sec, 非利き脚: 0.243 ± 0.023 sec, $p = 0.059$) も利き脚は非利き脚よりも短い傾向を示した。したがって、本研究の測定参加者においても、RJ遂行能力には、左右不均衡が存在するが、必ずしも踏切脚のRJ遂行能力が高いわけではないと結論づけられる。

踏切脚と非踏切脚のRJ遂行能力に比較的高い相関関係があり、有意差が存在しなかったにもかかわらず、SQIRMやSQJPとは踏切脚においてのみ明確な相関関係が生じた。これらの結果は、各選手における下肢の筋力及び筋パワーの発揮能力の左右不均衡の度合いの相違から説明できるかもしれない。相関係数を2乗した値 (R²値) は、一方の変数を独立変数とし、もう一方の変数を従属変数とする直線回帰式を導き出した場合、その直線回帰式が従属変数を正確に予測できる度合を示す尺度である。本研究における踏切脚と非踏切脚の間の対応する各RJ遂行能力を示す指標のR²値は0.51~0.58であった。このことから、RJ遂行能力の各変数は、踏切脚と非踏切脚の間で、51~58%の確率で直線関係にあったことを示している。言い換えれば、これら各変数の42~49%は直線関係に無く、約半数弱の測定参加者においては、非踏切脚のRJ遂行能力は、踏切脚のRJ遂行能力と直線関係にないことが示された。これが踏切脚と非踏切脚におけるRJ遂行能力とSQIRMおよびSQJPとの相関分析の結果の相違に起因したと考えられる。また、これらの結果と前述のt検定の結果を合わせて考えると、今後下肢のバイオメカニクス的研究やトレーニング科学的研究などを行っていく上で、利き脚/非利き脚の定義に関して検証する必要があると考えられる。

結論として、下肢の神経筋機能に左右差が大きく存在すると推測される選手において、下肢の筋力及び筋パワーの発揮能力評価を行うためには、両脚による評価だけではなく、片脚による評価も行う必要があると考えられる。さらに、本研究の結果は、下肢の神経筋の機能の左右差は、両脚を用いたトレーニングのみでは改善しない可能性も示していると考えられる。そのため、下肢神経筋機能の左右不均衡を、より効果的に改善していくためには、両脚を同時に用いる運動だけでなく、片脚のみを用いた閉鎖性運動連鎖による運動なども積極的に行うことが必要ではないかと考えられる。

最後に、本研究における研究の限界点をあげる。第1に、すべての随意的に行う最大筋力及び筋パワーの発揮測定に共通の限界点であるが、すべての測定参加者の最大筋力及び筋パワーの発揮は生理的限界に到達していなかった可能性があげられる。しかし、本研究ではできる限り測定参加者の最大筋力又は筋パワー発揮の心理的限界を生理的限界に近づけるため、測定中はできる限り言葉による激励を行った。さらに、測定中における測定参加者のモチベーションは高かったことや、測定参加者はトレーニングや運動の熟練者であったため、随意的な最大筋力発揮に慣れていたことが推測される。したがって、これによる結果への影響は最小限であったと考えられる。また、力学的視点から、スクワット運動を行う時に関節にかかる外的負荷の大きさは、膝関節屈曲角度により大きく変化する。本研究は目視により膝屈曲角度を確認したため、全ての測定参加者の膝屈曲角度を完全に制御できたわけではない。そのため、多少の膝屈曲角度の測定者間のばらつきが本研究結果に多少なりとも影響した可能性は否めない。しかし、本研究におけるスクワット1RM測定やスクワットジャンプにおける最大パワー発揮値測定は両脚で行ったため、左右の膝関節屈曲角度はほぼ同じであったと考えられる。このことは、測定参加者間の膝関節屈曲角度のばらつきからくる測定誤差が、左右脚の測定値に及ぼす影響は同程度であったことを示している。そのため、測定参加者間の膝関節屈曲角度のばらつきが本研究で示した相関関係の大きさにある程度影響を及ぼしたことは考えられるが、本研究結果から導き出された結論には影響は及ぼさなかったと考えられる。最後に、本研究は現象論のみを扱ったものであるため、踏切脚と非踏切脚の間の結果の相違を生み出した原因を特定することはできない。したがって、シュートによる踏切脚の違いが、左右の脚の神経筋の適応に相違を及ぼすという仮説は、今後より詳細なバイオメカニクス的研究で明らかにしていく必要がある。

V. トレーニング現場への提言

本研究の結果、女子ハンドボール選手においては、両脚を用いたスクワット動作やジャンプ動作による運動による下肢の最大パワー発揮能力やRM測定で得られる測定値は、どちらか一方の脚の能力しか反映しない可能性が示された。

したがって、より適切に各脚の最大パワー発揮能力や最大筋力を評価するためには、片脚のみを用いたスクワット動作やジャンプ動作による運動を用いてそれらの指標を測定する必要があると考えられる。

また、本研究結果は、両脚を用いたスクワット動作やジャンプ動作による運動のみでは、片脚踏切や片脚ジャンプ遂行能力の向上には必ずしもつながらない可能性も示していると考えられる。すなわち、そのトレーニング効果はどちらか一方 (i.e.シュートにおける踏切脚) に偏ってしまい、もう一方の脚 (i.e.非踏切脚) には十分なトレーニング効果を生み出せない可能性を示していると考えられる。したがって、トレーニングの現場では、左右のどちらか一方への脚への偏ったトレーニング効果を防ぐためには、閉鎖性運動連鎖による両脚を用いたトレーニングのみでなく、片脚のみを用いた閉鎖性運動連鎖によるトレーニングも多く取り入れるべきであると考えられる。今後の研究において、片脚におけるスクワット1RMやスクワットジャンプの最大パワー値の評価方法の確立と、それらの評価がハンドボールのような球技系選手の各脚の筋力及び筋パワーの発揮能力の評価により適しているかどうかを検討する必要がある。

謝辞

本研究の遂行にあたり、当時大阪体育大学教務補佐であった井川剛氏には、筋力・筋パワー測定において多大な協力をしていただいた。また、当時大阪体育大学女子ハンドボール部キャプテンであった藤通美紀氏には、測定参加者の日程調整や統括において多大な協力をしていただいた。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- Balsalobre-Fernandez C, Tejero-Gonzalez CM, Del Campo-Vecino J, and Alonso-Curiel D: The effects of a maximal power training cycle on the strength, maximum power, vertical jump height and acceleration of high-level 400-meter hurdlers, *J Hum Kinet*, 36: 119-26, 2013
- Caia J, Doyle TL, and Benson AC: A cross-sectional lower-body power profile of elite and sub-elite Australian football players, *J Strength Cond Res*, 2013
- Cormie P, McCaulley GO, Triplett NT, and McBride JM: Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises, *Med Sci Sports Exerc*, 39(2): 340-9, 2007
- Cronin JB, Hing RD, and McNair PJ: Reliability and validity of a linear position transducer for measuring jump performance, *J Strength Cond Res*, 18(3): 590-3, 2004
- Ebben WP, Fauth ML, Petushek EJ, Garceau LR, Hsu BE, Lutsch BN, and Feldmann CR: Gender-based analysis of hamstring and quadriceps muscle activation during jump landings and cutting, *J Strength Cond Res*, 24(2): 408-15, 2010
- Ebben WP, Long NJ, Pawlowski ZD, Chmielewski LM, Clewien RW, and Jensen RL: Using squat repetition maximum testing to determine hamstring resistance training exercise loads, *J Strength Cond Res*, 24(2): 293-9, 2010
- Jennings CL, Viljoen W, Durandt J, and Lambert MI: The reliability of the Fitrodyn as a measure of muscle power, *J Strength Cond Res*, 19(4): 859-63, 2005
- Kawamori N and Haff GG: The optimal training load for the development of muscular power, *J Strength Cond Res*, 18(3): 675-84, 2004
- Lopez-Segovia M, Marques MC, van den Tillaar R, and Gonzalez-Badillo JJ: Relationships between vertical jump and full squat power outputs with sprint times in u21 soccer players, *J Hum Kinet*, 30: 135-44, 2011
- McBride JM, Triplett-McBride T, Davie A, and Newton RU: The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed, *J Strength Cond Res*, 16(1): 75-82, 2002
- McCurdy K, Langford GA, Cline AL, Doscher M, and Hoff R: The reliability of 1- and 3-RM tests of unilateral strength in trained and untrained men and women, *J Sports Sci Med*, 3: 190-196, 2004
- Moritani T: Neuromuscular adaptations during the acquisition of muscle strength, power and motor tasks, *J Biomech*, 26 Suppl 1: 95-107, 1993
- Newton RU, Gerber A, Nimphius S, Shim JK, Doan BK, Robertson M, Pearson DR, Craig BW, Hakkinen K, and Kraemer WJ: Determination of functional strength imbalance of the lower extremities, *J Strength Cond Res*, 20(4): 971-7, 2006
- Nuzzo JL, McBride JM, Cormie P, and McCaulley GO: Relationship between countermovement jump performance and multijoint isometric and dynamic tests of strength, *J Strength Cond Res*, 22(3): 699-707, 2008
- Sheppard JM, Nolan E, and Newton RU: Changes in strength and power qualities over two years in volleyball players transitioning from junior to senior national team, *J Strength Cond Res*, 26(1): 152-7, 2012
- Simon AM and Ferris DP: Lower limb force production and bilateral force asymmetries are based on sense of effort, *Exp Brain Res*, 187(1): 129-38, 2008
- 山田佳奈, 有賀誠司, 白瀬英春, 松永尚久, 伊坂忠夫: 片脚スクワットを利用した女子柔道選手の下肢筋力評価の有用性, *トレーニング科学*, 21(1): 73-79, 2009