

大学女子バレーボールアタッカー選手の体組成と脚パワーについて

大川 昌宏¹⁾, 島屋 八生¹⁾, 坂井 充¹⁾

Body composition and leg power in women's university volleyball hitters

Masahiro OHKAWA¹⁾, Yatsuo SHIMAYA¹⁾, and Mitsuru SAKAI¹⁾

1. 緒言

バレーボール競技ではサーブ、スパイク、ブロックや相手のミスを含めて相手チームよりも点を取ることで勝利につながるが、中でもアタッカー選手のスパイクにより得点を獲得することが多い。個人・集団スポーツを問わず競技力向上には心理面・技術面・体力面の強化¹⁻¹⁶⁾は不可欠である。アタッカーに関する技術面についてはスパイク動作について検討され^{8, 14, 16)}、ボールスパイク時に筋電図を用いて体幹や上肢・上肢帯群の筋活動を調べた研究がある^{4, 12)}。技術面が長けていることに加えてバレーボール競技に関する専門的体力を保持していることは必須である。

バレーボール競技にはレシーバー、セッター、アタッカーなどの各ポジションに応じて必要な体力要素は異なる¹⁰⁾が、スパイクやブロックを行うアタッカー選手には高く跳躍することが求められる。各種の跳躍種目の研究が行われ、垂直跳やカウンタームーブメントジャンプ (Counter Movement Jump: CMJ) 時には下肢の筋や腱が多く動員されている^{17, 18)}。膝関節の伸展トルクとスクワットジャンプおよびCMJの関連においては、筋収縮の速さよりも運動に動員される頻度を多くすることが望ましく、大きすぎる助走速度は連続的な跳躍運動を低下させる¹⁹⁾。跳躍には下肢の筋が多く関与するが、外側広筋 (Vastus Lateral muscle: VL) の形態とCMJには相関関係があり¹⁾、自転車エルゴメーターを用いた運動時にはVLが多く動員される²⁰⁾。バレーボール競技において、ひとつひとつの動作は比較的短時間に行われるために無酸素性のエネルギー供給系でまかなわれる部分が多い。

自転車エルゴメーターは無酸素性の運動能力を評価²¹⁻²⁴⁾することに優れており、ウインゲートアナEROビックテスト (Wingate anaerobic test: WAnT) を用いたピークパワーと平均パワーは二重エネルギーX線吸収法 (Dual-energy x-ray absorptiometry: DEXA) を用いて計測した下肢筋量との間に正の相関関係がある²⁵⁾。%体脂肪を体成分分析装置 (Inbody) とDEXA法を用いてBland-Altman Plot法にて検討すると多少、過小評価²⁶⁾することがあるが筋肉量については明らかにされていない。そこで、本研究ではInbodyを用いた体組成 (上・下肢, 体幹筋量) と自転車エルゴメーターを用いた脚パワーを指標として大学女子バレーボール選手の中でもアタッカー選手に対し、上・下位群で差異があるかについて、および指標間の相互関係について検討することを目的とした。

2. 方法

1) 対象

2009年度九州大学バレーボール女子1部リーグに所属する女子バレーボール部の部員のうちアタッカー選手10名 (レギュラー群 [n=5] と非レギュラー群 [n=5]) とした。

2) 測定時期

2009年度秋季リーグ期間中に行った。

3) 測定項目

(1) 体組成測定

15分の座位安静後、体成分分析装置 (Inbody

720, Biospace) を用いて骨格 (上・下肢, 体幹) 筋量および体脂肪量の測定を行った。

(2) パワー測定

十分なw-up終了後²⁴⁾, 自転車エルゴメーター (Powermax v2, COMBI) を使用し, 10秒間3段階負荷 (セット間休息120秒) による無酸素パワーと, ウィンゲートアナEROビックテスト (wingate anaerobic test: WAnT) を用いて平均パワーおよびピークパワーを算出した。

4) 統計解析

利き腕 (脚)・非利き腕 (脚) の比較には対応のあるt検定を用いた。レギュラー・非レギュラーの比較には対応のないt検定を用いた。2変量間の関係についてはPearsonの積率相関係数を用いた。無酸素パワーを従属変数とし, 各 (四肢, 体幹) 筋量を独立変数 (ステップワイズ法) とした重回帰分析を行いR²値と推定値の標準誤差 (SEE) を算出した。先行研究との比較にはz検定を用いた。いずれも有意水準は $\alpha=0.05$ とした。

3. 結果

1) レギュラー・非レギュラーの比較

骨格筋量 (上肢, 体幹, 下肢), 体脂肪量, 10秒間全力ペダリングの無酸素パワー, 体重あたりの無酸素パワー, ウィンゲートアナEROビックテスト (wingate anaerobic test: WAnT) を用いた平均パワーとピークパワーは群間で差はみられずほぼ同様の値を示した。

Table 1. Compare with body composition and power of regular and non-regular groups.

Group and numbers of cases	Regular group n=5	Non regular group n=5	p value
Skeletal MV (kg)	48.1±1.7	49.5±2.5	NS
Upper limb MV (kg)	5.1±0.3	5.2±0.5	
Trunk MV (kg)	21.9±0.7	22.1±1.3	
Lower limb MV (kg)	16.0±0.6	16.5±0.9	
Body fat volume (kg)	12.8±2.8	14.6±5.0	
Anaerobic power (w)	729.2±66.3	759.2±179.9	
power / body weight (w/kg)	11.4±1.1	11.3±2.5	
Mean power (w)	490.8±57.0	541.4±55.6	
Peak power (w)	640.8±75.5	689.0±80.7	

Mean±SD.

MV: Muscle volumes. NS: Not significant.

2) 利き・非利き側の上・下肢筋量の比較

レギュラー群・非レギュラー群ともに非利き腕に比べて利き腕側に筋量が多く (ともに $p<0.05$), 全体的には非利き腕側に比べて利き腕側の筋量が多かった ($p<0.01$). レギュラー群は両脚に同程度の筋量を保持していたものの, 非レギュラー群においては利き脚側に多くの筋量を保持している傾向を示し ($p=0.06$), 全体的には非利き脚側に比べて利き脚側の筋量が多かった ($p<0.01$) (Fig1.).

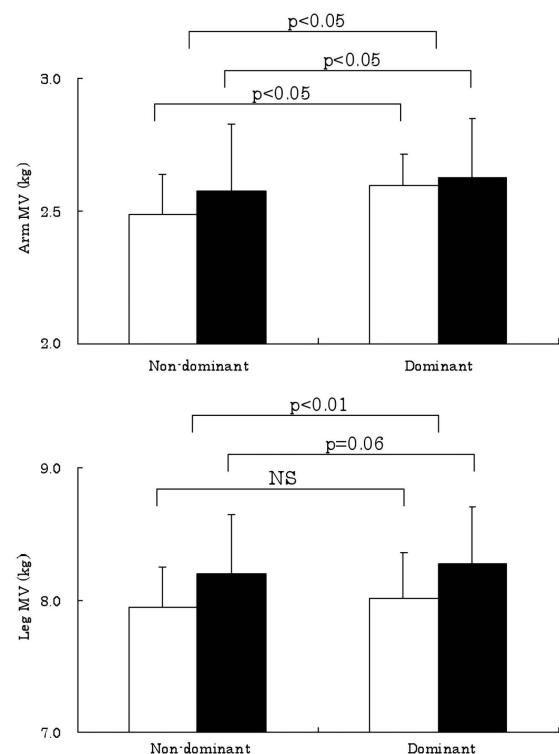


Fig 1. Comparison between dominant and non-dominant extremity muscle volumes.

□: Regular group. ■: Non-regular group. MV: Muscle volumes. NS: Not-significant.

3) 筋量と無酸素パワーの関係

下肢筋量は無酸素パワー値との間 ($r=0.651$, $p<0.05$) (Fig2.), WAnTにおける平均パワー (423~601w) およびピークパワー (544~795w) の3項目との間に相関関係 ($r=0.710$, $r=0.645$ ともに $p<0.05$) があった (Fig 3.).

無酸素パワーを従属変数とし, 各 (利き・非利き側) の上・下肢, 体幹) 筋量を独立変数とした重回帰分析を行いR²値と推定値の標準誤差 (SEE) を算出すると下記の式が得られた。

無酸素パワー (w) =

$$-979.370 + 211.585 \times [\text{利き脚側の筋量}] \text{ (kg)}$$

$$R^2=0.427 \text{ (SEE=92.592w)}$$

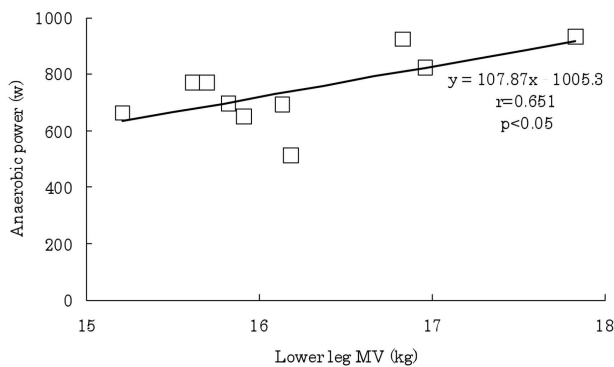


Fig 2. Relationship between lower leg MV and anaerobic power.

MV: Muscle volumes.

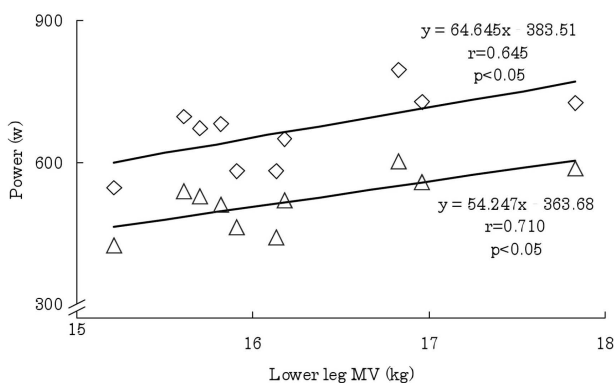


Fig 3. Relationship between lower leg MV and peak & mean WAnT anaerobic power.

MV: Muscle volumes., ◇: Peak power., and △: Mean power.

4) 無酸素パワーの先行研究値^{11, 13, 23)}との比較

無酸素パワーは 744.2 ± 128.8 wを示し、男子バレーボール選手の73%程度 ($p < 0.001$) の値であり、エリート高校生よりも1.1倍高い傾向を示し ($p = 0.06$)、大学女子バレーボール選手と比べて1.3倍高かった ($p < 0.001$) (Fig 4.).

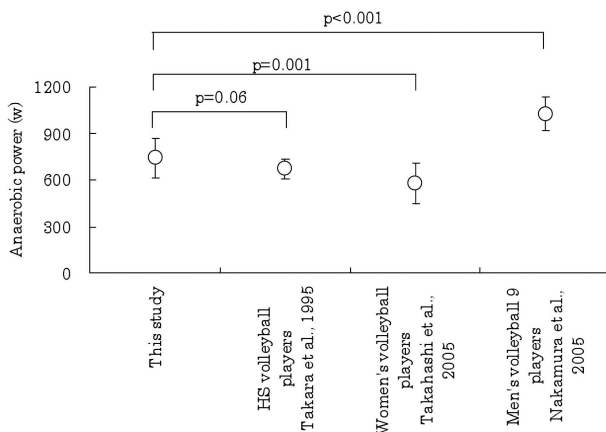


Fig 4. Compare with anaerobic power this study and previous studies.

HS: women's volleyball players in Nagasaki Prefecture. Tahara et al., 1995.

Women's volleyball 6 players: Takahashi., 2005.

Men's volleyball 9 players: Nakamura et al., 2005.

4. 考察

レギュラー・非レギュラーを問わず、アタッカー選手においては利き腕側の筋量分布が非利き腕側に比べて多かった (Fig1.). アタッカー選手はレシーブやブロックを行うことに加えて、スパイクを行うため非利き腕に比べて利き腕側の筋量が多いことが考えられる。一方で下肢についてレギュラー群は利き脚・非利き脚間で筋量に差はみられないものの、非レギュラー群においては利き脚側に多くの筋量を保持している傾向を示した ($p = 0.06$, Fig 1.). アタッカー選手の跳躍方法には性差があり、男子選手はstep-closeジャンプ、女子選手はhopジャンプを用いている⁸⁾。非レギュラー群は利き脚側に依存したhopジャンプを行っている可能性がある。一方でレギュラー群は跳躍時に男子選手のように利き脚・非利き脚の接地時間を長くしている可能性がある。筋量と筋力は比例関係にあるが、²⁹⁾非レギュラー群は利き脚に筋量が多いために発揮する筋力も大きいことが推察される。課題として、スパイク動作分析を併用した解析を行う必要があると考えられる。

自転車エルゴメーターを用いたパワー発揮時には脚力、特に外側広筋 (Vastus lateralis muscle: VL) が多く動員される²⁰⁾。競技スポーツ選手だけではなく発育発達期においても下肢筋量と無酸素パワーには相関関係がある²⁵⁾。本研究においても下肢筋量と無酸素パワーとの間 ($r = 0.651$, $p < 0.05$) およびウインゲートアネロビックテスト (Wingate anaerobic test: WAnT) を用いた平均・ピークパワーとの間に相関関係があった ($r = 0.710$, $r = 0.645$ ともに $p < 0.05$) (Fig2. and 3.). 無酸素パワーを先行研究で対象となった群^{11, 13, 23)}と比較すると、男子のバレーボール選手と比べて73%程度 ($p < 0.001$, Fig 4.) であるものの、本対象者とは異なる大学女子バレーボール部選手やエリート高校生と比べて高いパワーを保持 (またはその傾向) していた (それぞれ $p < 0.001$, $p = 0.06$, Fig 4.). 跳躍運動時における下肢筋の様相について検討がなされ^{17, 18)}, VLの筋量はカウンタームーブメントジャンプと相関関係がある¹⁾。無酸素パワーを従属変数、各筋量を説明変数としてステップワイズ法を用いた重回帰分析を行うと下記の式が得られた。

無酸素パワー (w) =

$$-979.370 + 211.585 \times [\text{利き脚側の筋量}] \text{ (kg)}$$

$$R^2 = 0.427 \text{ (SEE} = 92.592 \text{ w)}$$

WAnTを用いた体重あたりの無酸素パワーは男子選

手¹¹⁾と同等であった。アタッカー選手にとって跳躍高を大きくするためには下肢筋量の増加によって無酸素パワーやWAnTによるピーク・平均パワーを向上させることが必要である。説明変数に利き脚側の筋量が選択されたが、アタッカーにとって利き脚側の筋量を増加させた方が良いのかあるいは利き脚・非利き脚の差をなくすように筋量を獲得したり、跳躍動作時に両足間の接地時間を短くしたりする必要があるのかについて2つめの課題として残されるが、女子のアタッカー選手は利き脚側を重視した跳躍を行っている⁸⁾ということを非レギュラー群においては支持できる可能性がある。

超音波診断装置を用いて一般成人の下肢筋厚を男女で比較すると、女子に比べて男子の方が厚い部位が多い²⁸⁾が、日本人一流選手の下肢（大腿前・後部、下腿後部）筋厚を男女別にみるとバレーボール選手では性差がなく、身長あたりで比較しても同様の結果を示している²⁹⁾。本対象者は男子バレーボール選手の73%ほどの無酸素パワー値を示した。国内一流選手の筋厚の性差から考えると体重あたりの無酸素パワーにおいて男子と同程度を示すことも考えられるが、本対象者が大学レベルであることや筋厚の測定も行っていないために比較することは出来ない。大腿部伸展筋群の断面積を各種競技によって比較すると、バレーボール選手は断面積に対する等尺性の伸展筋力値が小さい³⁰⁾。バレーボール選手の固有筋力が小さく評価されている点として神経系の影響が考えられるが、測定項目が競技特性に適していない可能性もあり、対象とする動作に関連した測定項目の選択を行う必要がある。筋厚から筋量を推定する方法が提示されている^{31, 32)}ため、筋厚と関節トルク、跳躍力との関係についても検討課題として挙げられる。

5. まとめ

大学女子バレーボールのアタッカー選手を対象として体力的サポートを行い、下記の知見が得られた。

- 1) 上肢では利き腕側の筋量が多かった。下肢についてはレギュラー群では両脚に同程度の筋量を保持しているものの、非レギュラー群においては非利き脚に比べて利き脚側に多くの筋量を保持していた。
- 2) 無酸素パワーおよびウインゲートアナエロビックテスト（Wingate anaerobic test: WAnT）を用いた平均・ピークパワーはレギュラー・非レギュラー間で差がなかった。

- 3) 下肢筋量が多いほど無酸素パワーおよびWAnTを用いた平均・ピークパワーの各値が大きかった。

- 4) 無酸素パワーを従属変数とし、各（利き・非利き側の上・下肢、体幹）筋量を独立変数とした重回帰分析を行い R^2 値と推定値の標準誤差（SEE）を算出すると下記の式が得られた。

$$\begin{aligned} \text{無酸素パワー (w)} = & \\ -979.370 + 211.585 \times [\text{利き脚側の筋量}] \text{ (kg)} & \\ R^2 = 0.427 \text{ (SEE} = 92.592w) & \end{aligned}$$

6. 参考文献

- 1) Alegre LM, Lara AJ, Elvira JL, and Aguado X. (2009): Muscle morphology and jump performance: gender and intermuscular variability. *J Sports Med Phys Fitness* 49(3): 320-326.
- 2) Alfredson H, Pietilä T, and Lorentzon R. (1998): Concentric and eccentric shoulder and elbow muscle strength in female volleyball players and non-active females. *Scand J Med Sci Sports* 8: 265-70.
- 3) 浅井慶一, 大神訓章 (2001): バレーボールの左右移動のレシーブにおける熟練の要因に関する運動学的考察: 大学女子学生における非熟練者と熟練者の運動の比較から. *山形大学紀要*, 12(4): 415-426.
- 4) Bankoff AD, Fonseca DR, and Boer NP. (2007): EMG study of the pectoralis major (sternal portion), teres major, latissimus dorsi and deltoid medial muscles in volleyball players. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 47(4-5): 197-203.
- 5) Bayios IA, Bergeles NK, Apostolidis NG, Noutsos KS, and Koskolou MD. (2006): Anthropometric, body composition and somatotype differences of Greek elite female basketball, volleyball and handball players. *J Sports Med Phys Fitness* 46(2): 271-280.
- 6) de Ruiter CJ, Vermeulen G, Toussaint HM, and de Haan A. (2007): Isometric knee-extensor torque development and jump height in volleyball players. *Med Sci Sports Exerc* 39(8): 1336-1346.
- 7) 橋原孝博, 佐賀野健 (2004): バレーボールのト

- ス動作に関する運動学的研究. スポーツ方法学研究. 17(1): 109-115.
- 8) Kuo Chuan Huang, Un Huan Hu, Chenfu Huang, Tai Yen Sheuland, and Chia Meng Tsue (2002): Kinetic and kinematic differences of two volleyball-spiking jumps. ISBS: 148-151.
- 9) Masci I, Vannozzi G, Gizzi L, Bellotti P, and Felici F. (2009): Neuromechanical evidence of improved neuromuscular control around knee joint in volleyball players. Eur J Appl Physiol (in press).
- 10) Marques MC, van den Tillaar R, Gabbett TJ, Reis VM, and Gonzalez-Badillo JJ. (2009): Physical fitness qualities of professional volleyball players: determination of positional differences. J Strength Cond Res 23(4): 1106-1111.
- 11) 中村浩也, 内藤誠二, 平岡義光, 三村寛一 (2005): バレーボール選手におけるレジスタンストレーニングの効果, 大阪教育大学紀要, 54(1): 23-32.
- 12) Rokito AS, Jobe FW, Pink MM, Perry J, and Brault J. (1998): Electromyographic analysis of shoulder function during the volleyball serve and spike. J Shoulder Elbow Surg 7(3): 256-263.
- 13) 田原靖昭, 綱分憲明, 湯川幸一, 西山久美子, 千住秀明, 浦田秀子, 勝野久美子, 福山由美子, 森俊介, 道向良, 西澤昭, 片寄真木子, 上方まゆみ, 宮原薫, 山中理江 (1995): 長崎県内男女エリートスポーツ選手の体格, 身体組成, 呼吸循環機能(最大酸素摂取量, 最大酸素負債量)及び無酸素パワー8年間の総まとめ. 長崎大学教養部創立30周年記念論文集, 35: 309-339.
- 14) Tilp M, Wagner H, and Müller E. (2008): Differences in 3D kinematics between volleyball and beach volleyball spike movements. Sports Biomech 7(3): 386-397.
- 15) 梅崎さゆり, 吉田雅行, 吉田康成(2009): スパイク動作における両足接地パターンに関する研究. 大阪教育大学紀要, 57(2): 227-240.
- 16) Wagner H, Tilp M, von Duvillard SP, and Mueller E. (2009): Kinematic analysis of volleyball spike jump. Int J Sports Med 30(10): 760-765.
- 17) Kurokawa S, Fukunaga T, Fukashiro S. (2001): Behavior of fascicles and tendinous structures of human gastrocnemius during vertical jumping. J Appl Physiol 90(4): 1349-1358.
- 18) Kurokawa S, Fukunaga T, Nagano A, and Fukashiro S. (2003): Interaction between fascicles and tendinous structures during counter movement jumping investigated in vivo. J Appl Physiol 95(6): 2306-2314.
- 19) Hertogh C, Chamari K, Damiani M, Martin R, Hachana Y, Blonc S, and Hue O. (2005): Effects of adding a preceding run-up on performance, blood lactate concentration and heart rate during maximal intermittent vertical jumping. J Sports Sci 23(9): 937-942.
- 20) Akima H, Kinugasa R, and Kuno S. (2005): Recruitment of the thigh muscles during sprint cycling by muscle functional magnetic resonance imaging. Int J Sports Med 26(4): 245-52.
- 21) 岩田学, 近藤和泉, 細川賀乃子(2005): 無酸素性運動能力の評価: ウィンゲート無酸素性テストを中心に. リハビリテーション医学, 42(12): 880-887.
- 22) Popadic Gacesa JZ, Barak OF, and Grujic NG. (2009): Maximal anaerobic power test in athletes of different sport disciplines. J Strength Cond Res 23(3): 751-755.
- 23) 高橋篤志 (2005): 女子選手の競技種目別にみた最大無酸素パワー並びに最大有酸素パワー. 大阪城南女子短期大学研究紀要, 39: 35-46.
- 24) 高澤元, 石井好二郎, 瀧澤一騎, 木目良太郎, 米澤一也 (2002): 常温環境下におけるウィンゲートアネロビックテスト前の至適ウォーミングアップについて. 日本運動生理学雑誌, 9(2): 77-84.
- 25) YHM C. (2003): Wingate anaerobic test power of boys and girls expressed in relation to lower limb muscle mass as determined using dual energy X-ray absorptiometry. Adv Exerc Sports Physiol 9(2): 55-59.
- 26) Jensky-Squires NE, Dieli-Conwright CM, Rossuello A, Erceg DN, McCauley S, Schroeder ET. (2008): Validity and reliability of body composition analysers in children and adults. Br J Nutr 100(4): 859-865.
- 27) Fukunaga T, Roy RR, Shellock FG, Hodgson JA, and Edgerton VR. (1996): Specific tension of

- human plantar flexors and dorsiflexors. *J Appl Physiol* 80(1): 158-165.
- 28) 古泉一久 (1998): 筋厚,皮下脂肪厚の分布と身体組成との関係. 城西大学研究年報, 22: 125-133.
- 29) 石田良恵, 金久博昭, 福永哲夫 (1992): 日本人一流競技選手の筋厚における性差. 体力科学, 41(2): 233-240.
- 30) 角田直也, 金久博昭, 福永哲夫, 近藤正勝, 池川繁樹 (1986): 大腿四頭筋断面積における各種競技選手の特性. 体力科学, 35(4): 192-199.
- 31) Miyatani M, Kanehisa H, Kuno S, Nishijima T, and Fukunaga T. (2002): Validity of ultrasonograph muscle thickness measurements for estimating muscle volume of knee extensors in humans. *Eur J Appl Physiol* 86(3): 203-208.
- 32) Sanada K, Kearns CF, Midorikawa T, and Abe T. (2006): Prediction and validation of total and regional skeletal muscle mass by ultrasound in Japanese adults. *Eur J Appl Physiol* 96(1): 24-31.