

〈原 著〉

身長および跳躍能力がバレーボールプレイヤーの
最高到達高に及ぼす影響

濱野 光之*・小山 桂史**・勝俣 康之***

The effects of height and jumping ability on the height of
tidemark in volleyball players

Koji HAMANO*, Keiji KOYAMA** and Yasuyuki KATSUMATA***

Abstract

Effect of body height and ability of jumping on the height of tidemark in volleyball players.

Purpose: The purpose of this study was to investigate the effects of body height and ability of jumping on the height of tidemark in volleyball players. Methods: Twelve volleyball players and 7 controls served as subjects in this study. Again, volleyball players were subjectively divided in two groups by their coach; Higher Jumpers (VBH) and Lower Jumpers (VBL). Subjects jumped on the force platform with and without counter movement (CMJ and SQJ, respectively) prior to taking off. During both jumping, subjects kept their hands in their hip until the end of landing phase. Results: The body height showed the negative correlation with jump height both in the CMJ and SQJ. However, the jump height added to subject's body height (AdjH) showed the positive correlation with body height both with and without counter movement. All the subjects jumped higher in CMJ compared with SQJ. However, augmentation of the jump height with the counter movement in the volleyball players was larger than that in the controls. Conclusion: From these results, it was concluded that height was active index when coaches bid or select the players, and volleyball players might have more stiff muscle tendon complex in the lower limbs.

Key words: volleyball players, height, jumping ability

1. 緒 言

バレーボールは間欠的な運動であり、試合中、プレイヤーには低強度運動の運動に続いて短時間で高強度の運動を頻繁に行うことが求められる¹³⁾¹⁸⁾。従って90分間の試合時間に繰り返し行わ

れる高強度の運動では、プレイヤーには非乳酸系(ATC-CP系)や酸化系のエネルギー供給機構が発達していることが求められる¹⁴⁾¹⁸⁾。特に、試合中に繰り返される移動時の疾走、ブロックやスパイク時の跳躍、そしてコート内におけるその他の高強度の動作において、神経筋システムに対する相当量の需要が発生するわけであり⁴⁾、その結果、プレイヤーにはスピード、敏捷性、筋パワー、そして最大酸素摂取量が高いことが必要である^{4)~7)}。

プレイヤーの運動強度を高めている要因のひとつが、コートを二分しているネットの存在であ

* スポーツ健康科学部バレーボール研究室
Department of Health and Sports Sciences, Jun-
tendo University

** 大学院スポーツ健康科学研究科博士前期課程1
年

*** スポーツ健康科学部助手

る。バレーボールでは長辺18 m、短辺9 mのコート中央位置にネットを二分する形で、男女それぞれで2.43 m および2.24 mの高さのネットを配置し、ネットを隔てて二チームの対戦が行われる。試合において得点を決定付けるプレイであるサーブやスパイクでは、プレイヤーはボールに対して低い位置から放物線を描くような運動を与えて対戦相手を攻撃するよりも、ある程度高い位置から直線運動を与えて攻撃をした方が威力の強い攻撃を加えることが可能である。従って、これらのプレイおよびその防御であるブロック動作において、プレイヤーはより上方からプレイを行うことが必要であり、このためには身長が高いことあるいは高く跳躍する必要があり、このことから身長が高いプレイヤーあるいは跳躍能力に優れたプレイヤーほど得点もしくは防御の潜在性を兼ね備えている可能性があると考えられる。

これまで、バレーボールのプレイヤーの生理学的および形態学的特長^{4)~8)10)16)}が明らかにされ、バレーボールの練習によりプレイヤーの体力が向上すること⁶⁾¹⁵⁾¹⁷⁾、そしてシーズンを通して体カトレーニングを行った効果について検討し³⁾⁴⁾¹¹⁾、生理学的特長や形態学的特長の変化についての報告がなされ、バッテリーテストの開発などが行われてきた⁶⁾。また、跳躍力を決定する因子については、筋線維組成や筋量などの観点からこれまで検討がなされてきた。さらに、跳躍力を高める跳躍動作などについても運動学およびバイオメカニクスの観点から検討がなされてきた。

一方、プレイヤーには身長が高いことと、より高く跳躍することが出来ることが必要であることは、バレーボールの指導者の経験上からは知られてきたものの、身長と跳躍能力のいずれの項目が高いことが、最高到達点の高さである最高到達高およびプレイに有効であるかについては、我々の知る限りではあまり知られていないように思われる。また、跳躍前に反動動作を行うことで、反動動作の無い場合と比較して跳躍高は増大するが、これは反動動作により腱組織が伸長されることで筋腱複合体に弾性エネルギーが蓄積され、跳躍動

作時には筋の収縮によるエネルギー出力に加えて蓄積された弾性エネルギーが放出することにより跳躍高が増大するという、いわゆる伸長短縮サイクル運動がなされていると考えられている。これに対して、バレーボールの指導者においては、いわゆるバネ能力のある選手とバネ能力の無い選手という判断がなされるようであるが、ここでいうバネが伸長短縮運動における反動効果を意味しているかについては不明である。

そこで、本研究ではバレーボールの最高到達高について、身長および跳躍能力の観点から検討すること、そして指導者の判断指標であるバネ能力が、伸長短縮サイクル運動における反動効果を意味するものであるかを確認することを目的とした。

2. 方 法

2.1 被験者

関東大学バレーボールリーグ1部の大学バレーボール部に所属し、日常的にバレーボールの専門練習およびトレーニングを実施している男子大学生12名 (VB, 年齢21.0 ± 1.21歳, 身長187.67 ± 9.68 cm, 体重79.45 ± 12.24 kg) およびスポーツ科学を専攻する一般男子大学生7名 (CON, 年齢22.14 ± 1.21歳, 身長170.57 ± 9.68 cm, 体重61.71 ± 7.20 kg) が被験者として本研究に参加した。バレーボールプレイヤーを、このチームの指導を行っているコーチの主観により、跳躍能力に秀でた群 (VBH, 5名, 年齢20.60 ± 1.34歳, 身長178.8 ± 2.39歳, 体重67.2 ± 3.19 kg) と跳躍能力が劣る群 (VBL, 7名, 年齢21.29 ± 1.11歳, 身長192.0 ± 7.46歳, 体重86.1 ± 10.02 kg) の2群に分

表1 被験者の身体的特徴

	Total VB	VB_Hi	VB_Lo	Cont
年齢 (yrs)	21.0 (1.2)	20.6 (1.3)	21.3 (1.1)	22.1 (1.2)
身長 (m)	187.7 (9.7)	178.8 (2.4)	194.0 (7.5)	170.6 (7.8)
体重 (kg)	78.3 (12.4)	67.2 (3.2)	86.1 (10.0)	61.7 (7.2)

Mean (±SD)

類した。

実験に先立ち、被験者に対して本研究の目的と方法、実験の参加に伴い課せられる運動負荷条件と危険性についての説明を行い、書面にて同意書を得た上で実験を行った。本研究は順天堂大学スポーツ健康科学部スポーツ科学科における卒業論文に関する倫理審査により認可を受けたうえで実施された。

2.2 跳躍高の推定

被験者は反動の有無による二種類の垂直跳び(それぞれCMJおよびSQJとする)を、フォースプレート(Kistler, 9281B, Switzerland)上にて全力にて行った。その際、被験者は跳躍後の着地局面が終了するまでの間、両手を腰部に保持したままであった。SQJでは、被験者は股関節および膝関節を90度に固定して静止した状態から、反動動作を用いずに全力で上方へ跳躍した。CMJでは、被験者は直立した姿勢から、一旦反動をつけてから全力で上方へ跳躍した。測定に先立ち、被験者らがこれら二種類の跳躍試技を適切に遂行することができるように、十分に練習を行った上で測定を行った。また、SQJとCMJを行う順番は被験者によりランダムに行い、各試行間は3分以上の休息をとるようにした。

跳躍高の推定は、フォースプレートにおける鉛直方向の地面反力から各跳躍における滞空時間(T_{air})を求め、そこから以下の式により、離地時における身体重心の初速度(V_v)および跳躍高(h)を推定した。

$$V_v = 1/2 \cdot T_{air} \cdot g \quad (1)$$

$$h = V_v^2 \cdot (2g)^{-1} \quad (2)$$

ここで、 g は重力加速度であり本研究ではすべて9.8を代入した。また、滞空時間から跳躍高を求めた理由はこの方法で求めた滞空時間および跳躍高は、ビデオ分析による方法で求めた跳躍高よりも時間分解能に優れること、そしてサージャントジャンプメータなどによる方法では跳躍高に上肢を伸ばす技術などが反映されるために純粋に下肢の跳躍能力を測定することが出来ず、本研究では主に下肢による反動効果を測定する必要があったためである。

鉛直成分の記録として、フォースプレートのチャージアンプから出力された電圧を、AD変換器(PowerLab)によりデジタル化したのちにソフトウェア(Chart5.0, AD Instruments社製)を用いてパーソナルコンピュータへ記録した。記録したデータから各垂直跳び時の滞空時間を読み取り、式(1)および(2)により身体重心の初速度および跳躍高を算出した。

さらに、SQJとCMJの跳躍高の差から以下の式により反動動作による増加率(Pre-stretch Augmentation¹⁹⁾)を算出した。

$$\begin{aligned} \text{Pre-stretch Augmentation (AugPS)} \\ = (\text{CMJ} - \text{SQJ}) / \text{SQJ} \times 100(\%) \end{aligned}$$

なお、ここではHCMJはCMJにおける重心の跳躍高、そしてHSQJはSQJにおける重心の跳躍高とする。

2.3 統計処理

すべての変数について平均値±標準偏差で示し、有効数字を少数第二位とした。各変数の相関関係については、ピアソンの相関係数を算出して分析を行った。さらに各変数の跳躍種間および群間の変数の比較には一元配置の分散分析を行い、分散に有意な差が見られた場合には、Scheffeの

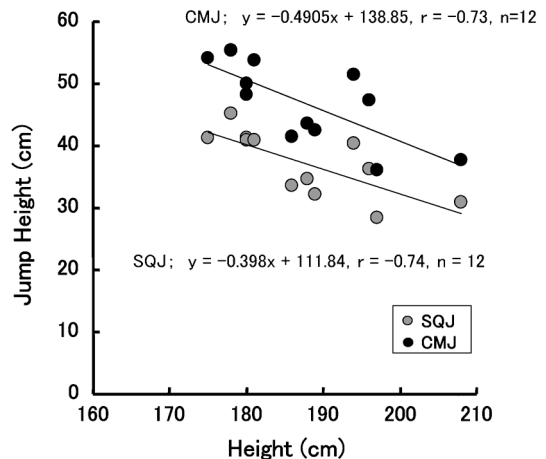


図1 身長および跳躍高との関係
灰色は反動動作を伴わない跳躍(SQJ)、黒色は反動動作を伴う跳躍(CMJ)のものを示す。

Post-hoc テストにより多重比較を行った。いずれの場合においても、危険率を $P < 0.05$ と設定した。

3. 結 果

身長と跳躍高の間には、SQJ および CMJ ともに負の相関関係が示された (SQJ; $Y = -0.398x + 111.84$, $r = -0.744$, $N = 12$, CMJ; $Y = -0.4905X + 138.85$, $r = -0.731$, $N = 12$)。さらに跳躍高に身長を加えた最高到達点 (AdjH) については、身長と跳躍高の間には、SQJ および CMJ ともに正の相関関係が示された ((SQJ; $Y = 0.8287x + 68.114$, $r = -0.898$, $N = 12$, CMJ; $Y = 0.8773x + 67.837$, $r = -0.863$, $N = 12$)。身長と AdjH との関係を図 2 に示した。

群別の反動動作の有無による跳躍高について図 3 に示した。跳躍高に関しては、いずれの群においても各群の CMJ は SQJ よりも高値を示し、両者の間には有意な差が示された。SQJ に関しては、VB と CON の跳躍高は 37.15 ± 5.18 cm および 36.86 ± 6.11 cm であり、両群間に有意な差は示されなかった。しかしながら VB 群を VBH と VBL の二群に分けて比較した場合、両群の SQJ

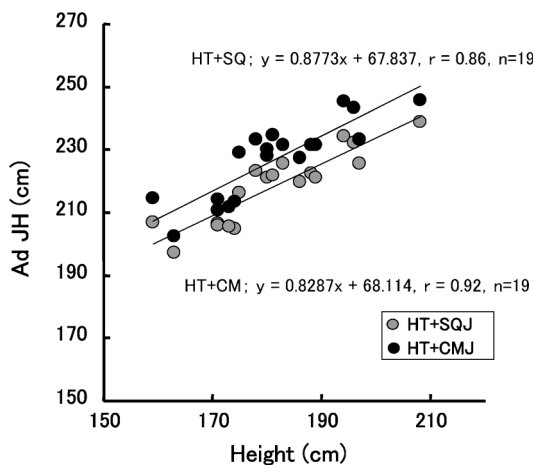


図 2 身長および身長と跳躍高の和 (AdHT) との関係
灰色は反動動作を伴わない跳躍 (SQJ), 黒色は反動動作を伴う跳躍 (CMJ) のものを示す。

における跳躍高はそれぞれ、 41.9 ± 1.81 cm および 33.8 ± 3.87 cm であり、両群間には有意な差が示された。また、VBH と CON の間には有意な差が示されたものの、VBL と CON の間には有意な差は示されなかった。

CMJ に関しては、VB と CON の跳躍高は 46.80 ± 6.49 cm および 43.50 ± 6.33 cm であり、両群間に有意な差は示されなかった。しかしながら SQJ の場合と同様に VB 群を VBH と VBL の二群に分けて見た場合には、両群の SQJ における跳躍高はそれぞれ、 52.29 ± 3.03 cm および 42.88 ± 5.30 cm であり、両群間には有意な差が示された。また、VBH と CON の間には有意な差が示されたものの、VBL と CON の間には有意な差は示されなかった。

群別の AugPS を図 4 に示した。VB と CON の AugPS はそれぞれ $26.07 \pm 4.81\%$ および $18.42 \pm 5.29\%$ であり、両群間には有意な差が示された。VBH と VBL の AugPS はそれぞれ $24.91 \pm 6.31\%$ および $26.91 \pm 3.73\%$ であり、両群間には有意な差は示されなかったものの、いずれも CON との間には有意な差が示された。

4. 考 察

本研究における目的はバレーボールプレイヤーの最高到達高について、身長および跳躍能力との観点から検討すること、そして指導者の判断指標

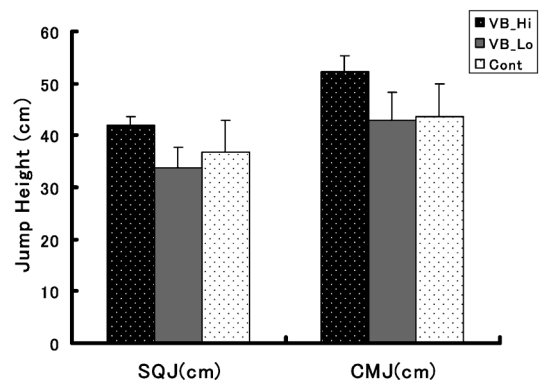


図 3 跳躍高の群別比較

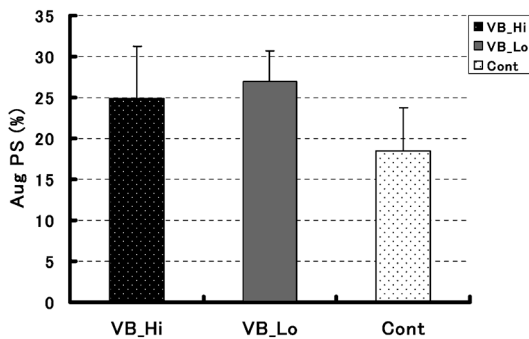


図4 反動による効果 (AugPS) の群別比較

であるバネ能力が、伸長短縮サイクル運動における反動効果を意味するものであるかを確認することであった。

跳躍能力が競技力の潜在的能力の指標の1つであるバレーボールのコーチングにおいては、プレイヤーのスカウティングやセレクションの際に、身長と跳躍高のいずれの項目がプレイや最高到達高に有効な決定因子となり得るかを検討することは重要であると思われる。本研究の結果、反動動作の有無に関わらず、身長の高い者ほど跳躍高が低くなる傾向 (SQJ と CMJ においてそれぞれ $r = -0.744$ および $r = -0.731$) が示された。この理由としては、本研究の被験者に関して言えば、身長と体重の間に有意な正の相関関係 ($r = 0.954$) が示されたことがあげられる。一般的に、身体に占める筋量は体重と比例関係にあるため、体重と跳躍高は正の相関関係にあることが予想されるはずであるが、本研究の結果はそれとは逆の傾向を示したのは意外であった。垂直跳びにおいては、跳躍高は離地後の初速度によりほぼ決定されるため、身長の高い被験者ほど、骨格重量など筋量以外の要素により体重が多くなり、それにより初速度が低くなった可能性が考えられる。また、それ以外の可能性としては、身長の高い者の筋の出力は、身長の高い者の筋の出力と同等であったものの、身体分節 (セグメント) が長いことにより動作速度が遅かったことが考えられる。つまり、関節運動はセグメントを半径とする回転運動であり、セグメント長が長ければ、同一の関節角度を

表2 跳躍高、反動による効果、身長と跳躍高の和の群別比較

	Total VB	VB_Hi	VB_Lo	Cont
SQJ (cm)	21.0 (1.2)	20.6 (1.3)	21.3 (1.1)	22.1 (1.2)
CMJ (cm)	187.7 (9.7)	178.8 (2.4)	194.0 (7.5)	170.6 (7.8)
Aug PS (%)	78.3 (12.4)	67.2 (3.2)	86.1 (10.0)	61.7 (7.2)
AdjH (SQJ, cm)	224.8 (6.8)	220.7 (2.6)	227.8 (7.4)	207.4 (8.6)
AdjH (CMJ, cm)	234.5 (6.6)	231.1 (2.8)	236.9 (7.7)	214.1 (8.7)

Mean (\pm SD)

動かすのに要する時間は多く必要になるために関節の回転速度は低値になると考えられる。したがって、本研究では、身長の高い者ほど下肢セグメント長が長いために跳躍の初速度が低くなり、跳躍高が低くなる傾向が示されたと考えられる。

バレーボールにおいては、攻撃や防御において最高到達点の高さが重要であると思われる。そこで本研究では各跳躍の跳躍高と身長との和 (AdjH) を算出した上で身長との関係を示した。その結果、AdjH と身長との間に正の相関関係が示された。つまり、このことは、たとえ身長の高いプレイヤーが高く跳躍することができたとしても、身長の高いプレイヤーが跳躍して到達する高さには及ばないということを意味する。従って、本研究のデータから、プレイヤーの選択においては、身長が重要な因子であることが示された。また、バレーボールのようにゲーム展開やボールスピードの速い競技においては、特に防御において、相手が攻撃をしてからボールに達するまでの時間が短いことも重要である。つまり身長の高いプレイヤーの場合には、最高到達点に達するまでにもある程度の時間を要するため、このような観点からも、たとえ跳躍高が高いとしても、身長が低い場合にはボールや最高到達点に至る時間は遅くなるため、プレイには不利であると考えられる。一方、スパイクなど攻撃動作については、ブロックなどの防御動作に比較すると、自陣でのパ

スなどにより時間を繋ぐ事が可能であるため、最高到達点に達するまでには時間的な余裕を持ってプレイすることが可能である。したがって、跳躍前に反動動作を行い、より高い跳躍高を獲得することがプレイに有効である。

本研究では、コーチの主観により跳躍能力の高いと判断された群 (VBH) の跳躍高は、反動の有無に関わらず、跳躍能力が低いと判断された群 (VBL) の跳躍高よりも高く、VBLの跳躍高は一般人 (CON) の値と有意な差を示さなかった。このことから、コーチの主観がデータによっても示されたわけであるが、いずれの群においても、反動動作を伴うことにより、反動動作を伴わない場合を上回る跳躍高を獲得することが可能となった。この反動の効果を示す AugPS については VBH と VBL の群間に有意な差は無く、またいずれの群においても CON との間に有意な差が示されたことから、バレーボール選手は一般人に比較して、反動の効果をより有効に利用することが可能であるものの、バレーボール選手だけに限ってみた場合には、コーチの主観によるバネの有無は実際の反動効果の有無とは無関係であることが示唆された。

垂直跳びにおける AugPS は下肢の筋腱複合体における Stiffness と有意な相関関係にあることが知られている¹⁹⁾。つまり、AugPS が高いものはよりバネ的性質を有するということである。Kubo ら¹¹⁾¹²⁾は超音波を用いた外側広筋の筋腱複合体の Stiffness の測定値と、SQJ および CMJ による AugPS との関係について、陸上競技短距離走選手¹¹⁾および長距離走選手¹²⁾を対象として検討を行い、短距離走のタイムが速いほどバネ的性質が高く、長距離選手のバネ的性質は短距離走選手および一般人のそれよりも低いことを示した。このことから、バレーボール選手は一般人に比較して、より高い下肢のバネ的性質を有すると考えられるが、VBH と VBL の AugPS には有意な差は示されなかったことから、この性質はコーチの主観による跳躍能力に関する判断とは関係ないことが示された。しかしながら、このような性質が永年のバレーボールの練習やトレーニングによるも

のであるのか、あるいは先天的に有するものであるのかは不明であるため、今後はトレーニング実験などを通して、これらの性質を縦断的に検討する必要があると思われる。

以上のことから、バレーボールにおいては身長が高いことは重要な要素であると思われた。ただし、本研究で測定した重心高とは身体重心高であり、実際のバレーボールのゲームにおいては、反動動作に上肢も用いられ、さらに最高到達点を示すのは上肢の先端の高さである。したがって、試合中には上肢を用いる技術も重要な要因であることは忘れてならないことである。

5. 結 論

バレーボール選手の身長と跳躍高との間には、反動動作の有無に関わらず、それぞれ負の相関関係が示された。しかしながら、身長に跳躍高を加えた最高到達高との間は、反動動作の有無に関わらず、身長と正の相関関係にあった。このことから、選手のスカウティングやセレクションにおいては、身長の高い者を選択することが有効であることが明らかになった。また、バレーボールプレイヤーは一般人に比較して、反動の効果がより大きく、この値は跳躍高にはよらないことが明らかになった。

引用参考文献

- 1) Fardy, P. S., Hritz, M. G., & Hellerstein, H. K. (1976). Cardiac responses during women's intercollegiate volleyball and physical fitness changes from a season of competition. *Journal of Sports Medicine*, 16, 291-297.
- 2) Fleck, S. J., Case, S., Puhl, J., & VanHandle, P. (1985). Physical and physiological characteristics of elite women volleyball players. *Canadian Journal of Applied Sports Sciences*, 10, 122-126.
- 3) Franks, B. D., & Moore, G. C. (1969). Effects of calisthenics and volleyball on the AAHPER fitness test and volleyball skill. *Research Quarterly*, 40, 288-292.
- 4) Gabbett, T., & Georgieff, B. (2005). Physiological

- characteristics of elite junior volleyball players over a competitive season. *Strength and Conditioning Coach*, 13, 2-7.
- 5) Gabbett, T. J., & Georgieff, B. (2006). The development of a standardized skill assessment for junior volleyball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1, 95-107.
 - 6) Gabbett, T., & Georgieff, B. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of junior national, state, and novice volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*.
 - 7) Gabbett, T., Georgieff, B., Anderson, S., Cotton, B., Savovic, D., & Nicholson, L. (2006). Changes in skill and physical fitness following training in talent-identified volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20, 29-35.
 - 8) Hakkinen, K. (1993). Changes in physical fitness profile in female volleyball players during the competitive season. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 33, 223-232.
 - 9) Hascelik, Z., Basgoze, O., Turker, K., Narman, S., & Ozker, R. (1989). The effects of physical training on physical fitness tests and auditory and visual reaction times of volleyball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 29, 234-239.
 - 10) Hosler, W. W., Morrow, J. R., & Jackson, A. S. (1978). Strength, anthropometric, and speed characteristics of college women volleyball players. *Research Quarterly*, 49, 385-388.
 - 11) Kubo K, Kanehisa H, Kawakami Y, Fukunaga T., Elasticity of tendon structures of the lower limbs in sprinters. *Acta Physiol Scand*. 2000 Feb; 168(2): 327-335.
 - 12) Kubo K, Kanehisa H, Kawakami Y, Fukunaga T. Elastic properties of muscle-tendon complex in long-distance runners. *Eur J Appl Physiol*. 2000 Feb; 81(3): 181-187.
 - 13) Kunstlinger, U., Ludwig, H. G., & Stegemann, J. (1987). Metabolic changes during volleyball matches. *International Journal of Sports Medicine*, 8, 315-322.
 - 14) Polglaze, T., & Dawson, B. (1992). The physiological requirements of the positions in state league volleyball. *Sports Coach*, 15, 32-37.
 - 15) Smith, D. J., Roberts, D., & Watson, B. (1992). Physical, physiological and performance differences between Canadian national team and universiade volleyball players. *Journal of Sports Sciences*, 10, 131-138.
 - 16) Spence, D. W., Disch, J. G., Fred, H. L., & Coleman, A. E. (1980). Descriptive profiles of highly skilled women volleyball players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12, 299-302.
 - 17) Thissen-Milder, M., & Mayhew, J. L. (1991). Selection and classification of high school volleyball players from performance tests. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 31, 380-384.
 - 18) Viitasalo, J., Rusko, H., Pajala, O., Rakkila, P., Ahila, M., & Montonen, H. (1987). Endurance requirements in volleyball. *Canadian Journal of Applied Sports Sciences*, 12, 194-201.
 - 19) Walshe AD, Wilson GJ, Murphy AJ. The validity and reliability of a test of lower body musculotendinous stiffness. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1996; 73(3-4): 332-329.

(平成19年10月10日 受付)
(平成20年1月15日 受理)