

バレーボールのスパイクスピードと体幹屈曲力との関係

中西 康己*, 都澤 凡夫*

The relationship between spike speed and trunk flexion power in volleyball

Yasumi NAKANISHI*, Tadao MIYAKOZAWA*

本研究では、体幹の屈曲力の発揮特性がバレーボールのスパイクスピードにどのように関係しているのかを9名の女子バレーボール選手を対象に検討し、スパイクスピードと体幹屈曲における筋出力発揮特性との関係を明らかにすることを目的とした。本研究の結果は以下の通りである。

- (1) スパイクスピードが遅い被験者は60deg/sec, 120deg/secの角速度ではスパイクスピードが速い被験者との差は大きくなかったが、240deg/sec, 300deg/secという高速度条件ではスパイクスピードとピークトルクに有意な相関関係が見られるようになった。
- (2) ピークトルク発揮角度から、スパイクスピードが速い被験者はスパイクスピードが遅い被験者と比較して力の立ち上がりが良いことが示唆された。このことから速い筋収縮速度で高い力を発揮できることが、ボールスピードの向上につながる事が明らかになった。
- (3) スパイクスピードを上げるためには、静的な筋力を追及するトレーニングよりもスピードを伴う高い筋力を追求することが重要であると考えられる。

キーワード：バレーボール, スパイクスピード, 体幹屈曲力, 筋収縮速度, ピークトルク

The purpose of this study was to examine the relationship between spike speed and trunk flexion power in volleyball. The subjects of this study were nine volleyball female players. In this study, Cybex TMC was used to examine the muscle characteristics of kinetic movement in trunk flexion-extension exercise.

The results were follows; 1) There were significant correlations between spike speed and peak torque at 240 and 300deg/sec by higher speed hitter. 2) It was found out that it was related with the improvement of the ball speed that the high power could be performed at a high-speed muscle contraction velocity. 3) The results suggests that dynamic resistance training with speed is important more than static muscle training to increase a spike speed.

Key word: volleyball, spike speed, trunk flexion power, muscle contraction velocity, Peak Torque

I. はじめに

体育科学の分野で筋力の発揮特性を対象とした研究は数多く行われてきている。特に1970年代以降は等速性運動機器を用いた研究が盛んに行われてきたが、他の身体部位と比較すると体幹の筋力特性についての研究は少ない。

体幹筋力発揮特性の研究では、健常者と腰痛症患者の筋力発揮特性の比較(後藤ら³⁾, 1993; 李ら¹⁰⁾, 1993)や等尺性運動の体幹筋力測定(石橋ら⁵⁾, 1994)が行われている。等速での体幹筋力についての研究(齊藤ら¹¹⁾, 1993; 田中¹²⁾, 1994)では、高速度での体幹筋力発揮特性を検討しておらず、150deg/secまでの角速度で測定しているに過ぎない。

また、筋力の発揮特性が明らかに異なるとされるスポーツ選手を被験者として、ヒトの体幹筋力の発揮特性やトレーニングを明らかにした研究はほとんどない。しかしながら、スポーツ場面では、筋力、特に体幹筋力と筋収縮速度との関係など、筋力の発揮特性と捉えることは重

要である。これまで、バレーボールのスパイク動作における体幹の重要性について、画像分析によって明らかにしようとした研究がある(都澤ら⁸⁾, 1999)。この研究はバレーボールのスパイク動作時における体幹の両胸郭・腰部の回旋の重要性を示唆している。しかし、体幹屈曲方向について、そのスピード、トルクの発揮についてのキネティック的な分析は行われていないため、スパイク動作における体幹の屈曲速度、その際に発揮されるトルク及びピーク出力時の屈曲角度などの特性は明らかになっていない。例えば、「スパイクを打つ際、速い筋収縮速度で高い力を発揮することは、ボールスピードに影響を与えられる」と証明できれば、競技の測定評価やトレーニング及びその計画へ寄与すると考えられる。

そこで本研究では、体幹の屈曲力の発揮特性が、バレーボールのスパイクスピードにどのように関係しているのかを検討した。被験者は、競技としてバレーボールを専門とし、大学選手権大会等の公式試合に出場するため、1週間に10時間以上はスパイクを打つバレーボール選手とした。スピードガンを用いてスパイクスピードを測定し、次に体幹屈曲運動における筋力を60deg/sec・120deg/sec・180deg/sec・240deg/sec・300deg/secの角速度で測定及

*筑波大学 University of Tsukuba

び比較, 検討した。その結果から, スパイクスピードと体幹屈曲における筋出力発揮特性との関係を明らかにすることを目的とした。

II. 研究方法

1. 被験者

被験者はバレーボールを専門競技とし, T 大学女子バレーボール部に所属する 9 名とした。各被験者のプロフィールは表 1 に示すとおりである。

2. 測定装置及び器具

等速性の体幹屈曲における筋力発揮特性を測定するために, Cybex TMC (Trunc Modular Conponen; Cybex 社製) を使用した。また, スパイクスピードの測定にはスピードガン (2ZM-1010; ミズノ社製) を使用した。

3. 測定の手順

(1) 体幹屈曲の測定手順

Cybex TMC のマニュアルにしたがって被験者に測定肢位を取らせた。胸部は胸部パッド, 背部は肩甲骨パッドで固定した。肩の位置は股関節の真上で, 背中は床に対して垂直とし, これを解剖学的 0° とした。運動時は胸部パッドのグリップを持ち, 運動を行った。被験者を Cybex TMC に固定し, 解剖学的 0° を入力したのち, 運動範囲を屈曲側 -10° から 90° に設定した。その後安全を期すためにダイナモメーターにあるストッパーを固定した。これにより被験者が設定した運動範囲である 100° 以上の屈曲運動が不可能な状態にした。屈曲運動は, 験者の合図により運動範囲内を最大努力で, 1 回屈曲させた。屈曲後, 体幹を解剖学的 0° の位置まで戻し, 次の試技まで被験者の楽な姿勢で 30 秒間休憩をした。

測定条件として体幹屈曲に関して低速から高速までの測定角速度を設定した。体幹屈曲の設定角度は, バレーボールのスパイク技術の特性を踏まえて, 高速度 (150deg/sec 以上) での体幹筋力発揮特性を検討すること, また過去の文献との比較をするため 60deg/sec・120deg/sec・180deg/sec・240deg/sec・300deg/sec の 5 種類とした。測定はそれぞれの角速度で 3 セットずつ行った。なお, 120deg/sec の測定が終了した時点で, 一度被験者を Cybex TMC から解放して休憩をとった。測定中に被験者が身体の異常や疲労を感じた時は途中であっても中断し, 休憩をとるようにした。測定前には十分に測定試技の練習を行った。

(2) スパイクスピードの測定手順

事前に準備しておいたスピードガンを用いて, 被験者のスパイクスピードを測定した。被験者は, 全員が共通したボール (センターポジションで直上に投げ上げられたトス) と自分の専門のポジションから最も得意な (自己申告) ポジション, テンポ (速さ), 高さのボール (以下, コンビネーション) の 2 種類のトスを打った。被験者には, 全員

表 1 各被験者のプロフィール

	身長	体重	最高到達点	VB 経験年数	ポジション
被験者 1	178cm	68kg	290cm	10 年	センター
被験者 2	175cm	68kg	285cm	11 年	センター
被験者 3	174cm	68kg	298cm	10 年	ライト
被験者 4	173cm	65kg	289cm	11 年	レフト
被験者 5	171cm	63kg	298cm	9 年	レフト
被験者 6	177cm	66kg	287cm	9 年	レフト
被験者 7	177cm	65kg	280cm	9 年	センター
被験者 8	169cm	60kg	278cm	11 年	ライト
被験者 9	174cm	65kg	283cm	8 年	レフト

が上記 2 種類のどちらのトスも自分が打ちやすいコースにスピードガンを置くよう, 要求できるようにした。そして, スピードガンに直接ボールが当たらないように防球ネット越しにスピードガンを設置して, その防球ネットに向かってスパイクを打つように指示した。ネットに当たる等の明らかな失敗試技は除いて 3 球ずつ測定した。

4. 計測項目

体幹屈曲における全ての試技において, トルクの最高値をピークトルクとし, ピークトルクが発揮された際の角度をピークトルク発揮角度として計測した。

5. 分析方法

体幹屈曲で計測した 2 つの項目について, 各角速度ごとに 3 回の平均と標準偏差を求めて, スパイクスピードの各最高値との相関係数を算出した。有意性は危険率 5% 未満で判定した。

III. 結果

3.1 体幹屈曲の測定結果

各被験者の体幹屈曲におけるピークトルクの結果 (平均) を図 1 に示した。

被験者全員の体幹屈曲運動におけるピークトルクの平均は, 60deg/sec の角速度では $196.2 \pm 10.7\text{N m}$, 120deg/sec では $195.5 \pm 9.9\text{Nm}$, 180deg/sec では $193.2 \pm 27.2\text{Nm}$ で顕著な差は見られなかった。240deg/sec では $175.7 \pm 32.1\text{Nm}$, 300deg/sec では 133.3Nm を示し, 240deg/sec の角速度以上では顕著に低下する傾向が見られた。

被験者全員の体幹屈曲運動におけるピークトルクの発揮角度の平均 (図 2) は, 角速度が 60deg/sec では $63.6 \pm 8.3\text{deg}$, 120deg/sec では $42.9 \pm 25.7\text{deg}$, 180deg/sec では $32.6 \pm 16.7\text{deg}$, 240deg/sec では $42.2 \pm 5.3\text{deg}$ であった。また, 300deg/sec という高速な条件では $50.9 \pm 15.1\text{deg}$ を示した。60deg/sec から 180deg/sec と角速度が速くなるのに伴いピークトルク発揮角度は屈曲方向に移行する傾向を示したが, 180deg/sec から 300deg/sec にかけては伸展方向に移行する傾向を示した。

3.2 スパイクスピードの測定結果

スパイクスピードの測定結果を表2に示した。

被験者には、全員共通のトスと自分が最も得意なコンビネーションの2種類のトスを打たせたが、全員共通のトスは 70.9 ± 5.5 km/h、得意なコンビネーションは 70.3 ± 8.4 km/h と有意な差が出なかったため、体幹屈曲との相関係数は、全員共通のトスと得意なコンビネーションのトスとを合わせた全ての値の中の最高値で算出することにした。

3.3 体幹屈曲力とスパイクスピードの相関関係

体幹屈曲とスパイクスピードの相関関係は、図3から図12に示した。

体幹屈曲運動におけるピークトルクとスパイクスピードの相関係数は、60deg/secでは $r=0.26$ 、120deg/secでは $r=0.30$ 、180deg/secでは $r=0.49$ 、240deg/secでは $r=0.65$ 、300deg/secでは $r=0.72$ となり、240deg/secと300deg/secで有意な相関が見られた。

被験者の体幹屈曲運動におけるピークトルク発揮角度とスパイクスピードの相関係数は60deg/secでは $r=-0.54$ 、120deg/secでは $r=-0.53$ 、180deg/secでは $r=-0.16$ 、240deg/secでは $r=-0.18$ 、300deg/secでは $r=0.65$ となり、300deg/secで有意な相関が見られた。

IV. 考 察

本研究で測定したピークトルクの値は、体幹筋力が発揮する大きさを表す指標となる。ピークトルクが大きいということは、瞬間最大筋力が大きいということである。

井上⁴⁾(2001)が報告した、一般男性のピークトルクの平均値は、角速度60deg/sec、120deg/secではそれぞれ 175 ± 21 Nm、 166 ± 22 Nmであり、240deg/sec、300deg/secではそれぞれ 105 ± 38 Nm、 56 ± 28 Nmであった。これらの数値と低下傾向を本研究の被験者のピークトルク(図1)と比較すると、角速度が速くなることに伴うピークトルクの低下が小さかった。この理由として、日常生活の体幹運動速度は速いものでもおよそ90deg/secである(Davis,G.J.²⁾, 1987)ことを踏まえると、一般男性に高速での体幹屈曲が要求されることは少ない。それに比べ、バレーボール選手はボールに加速度を与えるためにスピードを伴った体幹屈曲が要求される。常識的に見て女性の筋力は男性より低いにもかかわらず、その角速度条件でも一般男性より女子バレーボール選手のピークトルクが優っていることは、まさにトレーニングの効果と言える。特に240deg/sec及び300deg/secという高速条件で、一般男性の値の約1.7倍及び2.4倍のピークトルクを示すことは、速い筋収縮速度で高い筋出力を要求されるバレーボール選手の特徴を示している。

次にスパイクスピードが速い被験者とそうでない被験

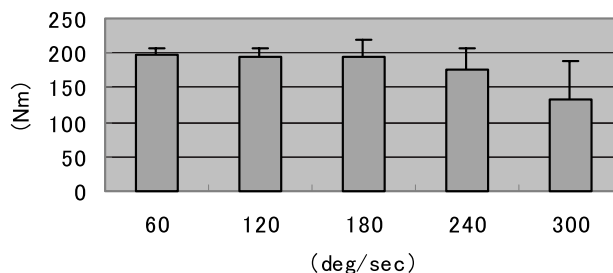


図1 体幹屈曲時のピークトルク

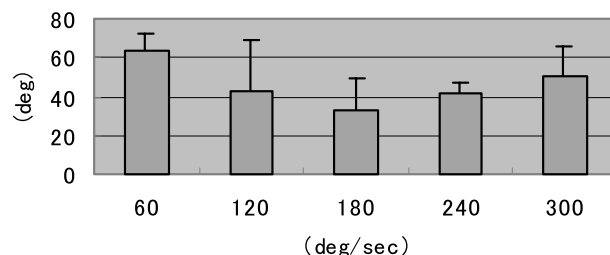


図2 体幹屈曲時のピークトルク発揮角度

表2 各被験者の2種類のトスにおけるスパイクスピードの結果 (km/h)

	共通		得意なコンビネーション		最高値	平均	標準偏差		
被験者1	71	71	70	60	61	63	71	66.0	5.2
被験者2	64	63	63	59	55	58	64	60.3	3.6
被験者3	81	85	83	84	86	82	86	83.5	1.9
被験者4	64	67	67	58	59	70	70	64.2	4.8
被験者5	69	74	74	75	74	75	75	73.5	2.3
被験者6	65	73	82	71	76	79	82	74.3	6.1
被験者7	68	74	68	71	73	71	74	70.8	2.5
被験者8	71	65	73	72	73	74	74	71.3	3.3
被験者9	71	66	73	71	75	73	75	71.5	3.1
全体平均			70.9		70.3		74.6	70.6	3.6

者を比較した。角速度180deg/secまで、全被験者において195Nm前後のピークトルクを発揮できており、個人差はさほど大きくなかった。しかしながら、240deg/secや300deg/secという高速条件になると発揮できる筋力に個人差が大きくなった。つまり、スパイクスピードが速い被験者は240deg/secや300deg/secといった高速でも力を発揮できている。逆に、スパイクスピードが比較的遅い被験者は高速条件でピークトルクの低下が大きくなった。それゆえ、高速条件でスパイクスピードとピークトルクに有意な相関関係が見られるようになったと考えられる。

スピードを伴う筋の収縮については、スプリントトレーニングによって速筋タイプであるType II b線維の増加が認められていることが報告されている(Jansson,E.ら⁶⁾,1990)。バレーボールのスパイク動作の際には、スピードを伴う体幹の屈曲を繰り返すことが要求される。また、ダッシュやジャンプなどのような自己の体重を支配するこ

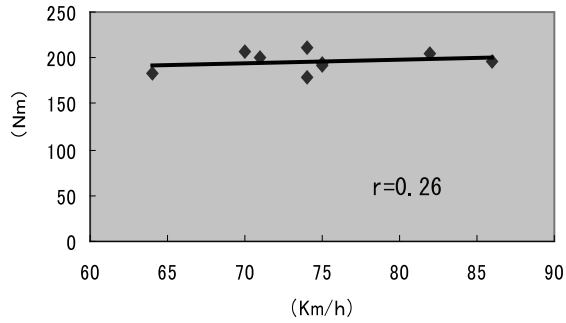


図3 60deg/secにおける体幹屈曲時のピークトルクとスパイクスピードの関係

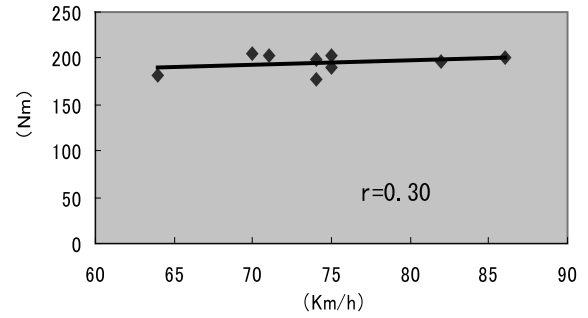


図4 120deg/secにおける体幹屈曲時のピークトルクとスパイクスピードの関係

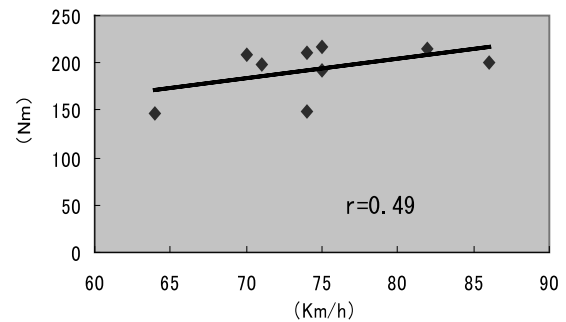


図5 180deg/secにおける体幹屈曲時のピークトルクとスパイクスピードの関係

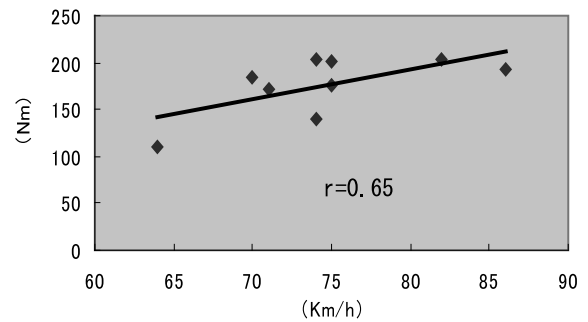


図6 240deg/secにおける体幹屈曲時のピークトルクとスパイクスピードの関係

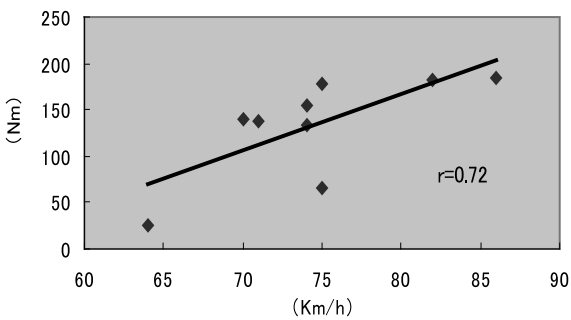


図7 300deg/secにおける体幹屈曲時のピークトルクとスパイクスピードの関係

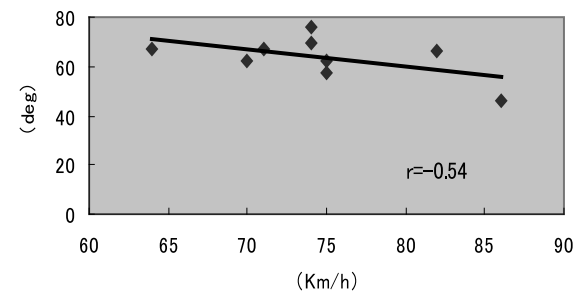


図8 60deg/secにおける体幹屈曲時のピークトルク発揮角度とスパイクスピードの関係

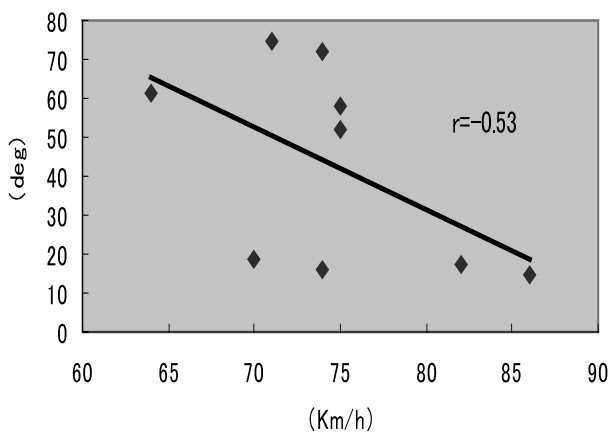


図9 120deg/secにおける体幹屈曲時のピークトルクとスパイクスピードの関係

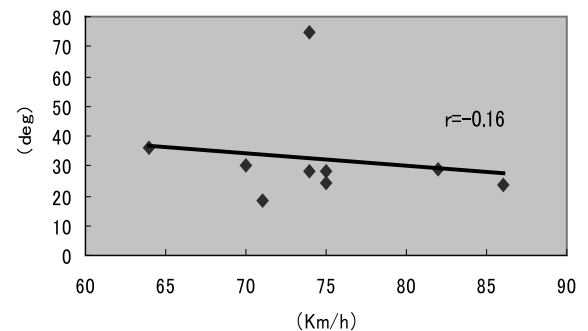


図10 180deg/secにおける体幹屈曲時のピークトルク発揮角度とスパイクスピードの関係

とが要求される運動場面がほとんどであるため、トレーニング効果により速筋線維が増加し、一般男性と比較しても、

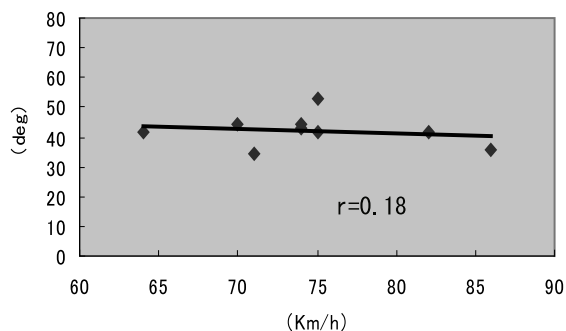


図11 240deg/secにおける体幹屈曲時のピークトルク発揮角度とスパイクスピードの関係

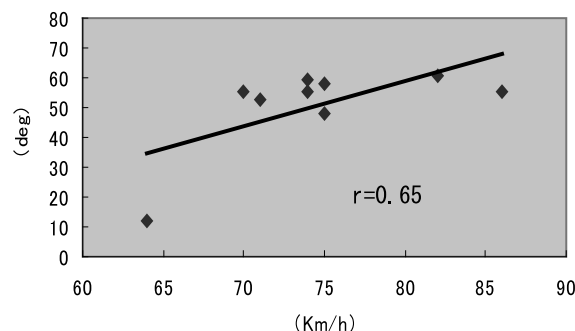


図12 300deg/secにおける体幹屈曲時のピークトルク発揮角度とスパイクスピードの関係

高速条件でも高いピークトルクが発揮できたと推察される。勝田ら⁷⁾(1993)は、「パワーは力と速度(動きの速さ)の二つの要因を含んでおり、トレーニング効果は特異的である。すなわち、力の要素の大きいトレーニングでは速度よりも力の向上、速度の要素の大きいトレーニングでは力よりも速度の向上が生じ、その結果を反映したパワーの改善がなされる」としている。このことから、バレーボールのスパイクスピードを上げるためには、静的な高い筋力を追及するトレーニングよりもスピードを伴う筋力を追求してトレーニングをすることが重要であると考えられる。それによって、速筋タイプである Type II b 線維が増加し、スパイクスピードが上がる可能性も考えられる。また、そのようなトレーニングをスパイクスピードの遅い選手が行うと、スパイクスピードが速い選手のような筋力発揮タイプに移行していく可能性が期待される。

ピークトルク発揮速度は、体幹筋力の力の立ち上がりを見る指標となる。ピークトルク発揮速度は、60deg/sec から180deg/sec までは発揮角度が小さくなり、180deg/sec から300deg/sec までは大きくなった(図1)。ピークトルク発揮速度が大きいということは、屈曲運動の場合はピークトルクに達するのに時間を要したことを意味する。これは、Andersson, E. ら¹⁾(1988)の「エリート競技者は一般群に比べてどの運動様式においても速くピークトルクを発揮する位置に達する」という結果を支持するものとなった。速くピークトルクを発揮できる位置に達するということは力の立ち上がりが良いと解釈でき、この結果からスパイクスピードの最速値が高かった被験者はスパイクスピードの最速値が低かった被験者と比較して力の立ち上がりが良いことが示唆された。これも、スパイクスピードの最速値が高かった被験者が速い筋収縮を行なっていることを裏付けるものである。筋力に影響する要因としては、筋断面積、神経系の要因、筋線維組成、解剖学的要因など様々な原因が挙げられるが、瞬発的な筋収縮には参画する運動ニューロンの発射頻度の増加、動員する運動単位の増加、筋線維タイプなどが関与していて、トレーニングで改善されることが報告されている(森谷ら⁹⁾, 1999)。このことから、バレーボール選手においても筋力の発揮特性のタイプに差

があるため、プレーで要求される筋力発揮特性に合わせたトレーニングの必要性が示唆された。

V. 結 論

本研究では、体幹の屈曲力を中心にさらに肩関節の屈曲力・内旋力の筋収縮速度の変化に伴う発揮特性が、バレーボールのスパイクスピードにどのように関係しているかを検討した。本研究の結果は以下の通りである。

体幹屈曲のピークトルクは、スパイクスピードが速い被験者では、240deg/sec や300deg/sec といった高速でも力を発揮できていた。スパイクスピードの遅い被験者では60deg/sec, 120deg/sec の角速度ではスパイクスピードが速い被験者との差は大きくないが、角速度が速くなるに伴ってピークトルクの低下が大きくなった。そのため高速条件でスパイクスピードとピークトルクに有意な相関が見られるようになった。ピークトルク発揮速度から、スパイクスピードが速かった被験者はスパイクスピードが遅かった被験者と比較して力の立ち上がりが良いことが示唆された。このことから、速い筋収縮で高い力を発揮できることが、スパイクのボールスピードの向上につながる事が明らかとなった。

これらのことから、バレーボールのスパイクスピードを上げるためには、静的な高い筋力を追及するトレーニングよりもスピードを伴う高い筋力を追求することが重要であると考えられる。例えば、体幹のトレーニング、特に腹筋系のトレーニングでも疲労等により速い筋収縮を維持できなくなった時点で終了することが必要かもしれない。

引用参考文献

- 1) Andersson, E., Sward, L., and Thorstensson, A. (1988). Trunk muscle strength in athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol.20, pp.587-593.
- 2) Davis, G. J. (1987). *A Compendium of Isokinetics in Clinical Usage and Rehabilitation Techniques*. S&S Publishers, pp.89-92
- 3) 後藤博史, 稗田 寛, 高木久雄他 (1993). 腰痛患者の体幹筋力測定. *理学診療*, 第4巻, pp.22-25

-
- 4) 井上一彦 (2001). 等速性の体幹屈曲・伸展運動における筋力発揮特性について. 筑波大学修士論文
 - 5) 石橋賢太郎, 伊礼 修, 古泉豊他 (1994). 腰痛患者疾患における腰椎前弯の検討: 体幹筋力評価と QCT 法による筋量測定. 理学診療, 第 5 卷, pp.81-85
 - 6) Jansson, E., Esbjornsson, M., Holm, I. And Jacobs, I.(1990). Increase in the propotion of fast-twitch muscle fibers by sprint training in males. Acta. Physical Scand., vol.140, pp.359-363
 - 7) 勝田茂他 (1993). 骨格筋繊維の構造と機能. 筋力, 筋パワー. 運動生理学 20 講. 朝倉書店, pp.1-14
 - 8) 都澤凡夫, 塚本正仁(1999)スパイク理論に関する研究:フォアスイングについて. バレーボール研究, 第 1 卷, 第 1 号, pp.9-15
 - 9) 森谷敏夫, 吉武康栄. 神経・筋システムの適応. 森谷敏夫編(1999). 運動と生体諸機能: 適応と可逆性. ナップ社, pp.57-74
 - 10) 李 俊, 中村耕三, 山口修他 (1993). 腰痛症における体幹筋の機能: 伸展力・屈曲比の検討. 理学診療, 第 4 卷, pp.95-98
 - 11) 斉藤明義, 金沢伸彦, 布袋屋浩他 (1993). PNF による体幹筋力強化. 臨床スポーツ医学. Vol.11, pp.889-895
 - 12) 田中正一(1994). 体幹の筋力とその評価. 総合リハビリテーション, 22 号, pp.211-216
-