

足関節運動の筋力トレーニングが垂直跳びの跳躍高に及ぼす影響

— バレーボール競技におけるジャンプパフォーマンス向上のための実践的方策について —

Effect of muscular strength training in ankle exercise on vertical jump height
— A view point of practical scheme for the improvement of jump performance in volleyball game —

田中弘之*, 清水安希子**, 山本洋司***, 松下 亮****

Hiroyuki TANAKA*, Akiko SHIMIZU**, Hiroshi YAMAMOTO*** and Ryo MATSUSHITA****

*鳴門教育大学生活・健康系（保健体育）教育講座

*Faculty of Health and Living Sciences, Naruto University of Education

**松原市立三宅小学校

**Miyake Elementary School, Matsubara Municipal

***豊中市立桜井谷東小学校

***Sakuraaidani-higashi Elementary School, Toyonaka Municipal

****鳴門教育大学大学院

****Graduate School, Naruto University of Education

鳴門教育大学学校教育学部

〒772-8502 鳴門市鳴門町高島字中島748

Naruto Univrsity of Education

748 Nakajima, Takashima, Naruto-cho, Naruto-shi, Tokushima 772-8502, Japan

平成18（2006）年11月10日受理

(Received on November 10, 2006)

キーワード：バレーボール競技，等速性筋力，筋力トレーニング，跳躍高

Keywords: volleyball game, isokinetic muscle power, training, vertical jump height

Abstract: As the purpose of improvement of jump performance, we got a verification of the relation between jump height in vertical jump and isokinetic muscular strength on lower limbs by experimental technique. Remarkable change is not seen in the training group of knee joint extension and flexion exercise. On the other hand, significant change in jump height can be seen in ankle plantar flexion and dorsi flexion exercise training group, in addition to that, significant increase in each measured value of maximum muscular strength and isokinetic muscular strength of ankle can be seen. There can also be seen significant positive relationship between maximum muscular strength of ankle plantar flexion and vertical jump height. Consequently, improvement of jump performance by muscle training concerning legs articular exercise can be expected and significancy of practical training prescription in this study is suggested.

I. 緒言

近年，バレーボール競技では，技術的要因に加味して「高さ」，「速さ」，「パワー」がより一層強く要求されるようになり，これらに対応するための基礎的体力の高度化がますます重要視されている¹⁾。

特に，バレーボール競技における「高さ」を支える跳躍運動は，最も基本的な動作の一種であり，高く跳躍できることは，スパイク，ブロック，ジャンプサーブなど

の技術的要素に深く関与し，勝敗に大きく影響すると考えられている²⁾。つまり，バレーボール競技において，高く跳躍することは，競技力向上を目的とする上で非常に切要な因子であると認識されている。

跳躍は，「運動の主体である身体が，逆に身体を客体として重力に抗して空中に投射する³⁾」と指摘されているように，重力による下向きの牽引力よりも，大きな上向きの推進力を発揮しなければならない。また，跳躍動作は，歩，走などの自然発生的な運動とは異なり，①跳

躍距離が直接パフォーマンスになる距離志向動作、②動作目的が跳躍距離以外にあってもそれが大きい方が有利となる距離有意動作、の2つの動作に分類³⁾されている。バレーボール競技における跳躍は、後者の距離有意動作の範疇に属し、主に助走を伴った両足踏み切りで行うことが多い。代表的な跳躍動作であるスパイクでは、助走による水平方向の力を踏み切りによって垂直方向に変換し、反動動作を利用するとともに、両腕の振上げ動作によって、より効率的な高さを獲得しようとするものである。

跳躍は、体力的な要因としての筋力の影響を強く受けるという報告^{4) 5)}が散見される。例えば、Destaso J. et al.⁶⁾は、伸張—短縮サイクルを利用した等速性筋力の測定と垂直跳びの高さとの関係から、垂直跳びの高さが膝関節伸展強度にある程度依存するという結果を報告している。また、Maffiulenti N. A.⁷⁾は、フランス・バスケットボールリーグ・ディビジョンIIの選手20名を対象として、電気刺激によって膝伸展筋群を収縮させるトレーニングを4週間行った測定結果から、このような刺激は、等速性筋力の強化に効果があり、垂直跳びのパフォーマンスにも向上が認められたことから、跳躍動作の技術練習と筋力トレーニングとの併用を推奨している。

また、勝田ら⁸⁾は、陸上競技跳躍選手、バレーボール選手および非鍛練者を対象として、下肢における腱及び筋の形態的特性とジャンプパフォーマンスとの関係から、下腿三頭筋における筋長及び筋容積がジャンプパフォーマンスに大きく影響することを報告している。他方、Bobbert M. F. et al.⁹⁾は、身体重心上昇期における足関節運動が成した仕事量について、筋と腱の複合体をモデルとして計算することにより、下腿三頭筋全体の仕事量は、膝関節から移動した仕事量よりも大きいと報告している。

従来から、ジャンプパフォーマンス向上のトレーニング方法として、伸張—短縮サイクルでの反動効果に依拠する反動的衝撃法が普及してきた¹⁰⁾が、その反面、この方法の欠点を指摘する研究¹¹⁾も存在しており、ジャンプパフォーマンスの向上に関するトレーニング処方¹²⁾の効率的なあり方については、論議が繰り返されている現状にある。

しかし、先行研究における総合的な理解において、ジャンプパフォーマンスには下肢の筋力の如何が深く関与することに異論はなく、特に、下肢の関節運動のトレーニングが重要な要因であると推察される。ただ、バレーボール競技におけるジャンプパフォーマンスに着眼し、下肢関節運動の主体となる小筋群の筋力との連関について考究した実践的な研究は、極めて少ない現状にある。

本研究では、実際の学校教育におけるバレーボール競技のジャンプパフォーマンスに関する指導場面を強く念

頭に置いて、専門的な機器を使用せず、容易に実施できる関節運動のトレーニングについて実践的に検証し、跳躍高と下肢の関節運動の主体となる筋力との関係について追証し、有用なトレーニング処方策定のための一助となる資料の提供を目的とした。

II. 方法

1 被験者

被験者は、N大学に所属する女子大学生21名とした。

2 測定1

(1) 形態計測

形態計測の項目は、身長、体重、体脂肪率とした。体脂肪率の測定は、BIA法により行った。両手間法(HBF-300, OMRON)、両足間法(TBF-560, TANITA)の各機器を使用し、2法の体脂肪率の平均値を採用した。また、除脂肪体重を併せて算出した。

(2) 垂直跳びの跳躍高の測定

垂直跳びの跳躍高の測定には、サージャント・ジャンプメーター(JUMP-MD, 竹井機器工業株式会社)を使用し、立位姿勢から反動を用いた通常の垂直跳び(以下VJと略)について、跳躍を2回試行し、その平均値を測定値とした。

(3) 等速性運動時の動的筋力の測定

等速性運動時の動的筋力の測定は、動的筋力測定装置(CBX-770, サイベックスジャパン)を用い、右足関節底屈・背屈運動、右膝関節伸展・屈曲運動について実施した。等速性運動の角速度は、60, 120, 180, 240, 300度/秒の5種類を設定した。

測定手順は、等速性運動の各速度に対して、それぞれ5回の反復を1セットとして連続的に実施し、その最大値を採用した。なお、筋力の分析項目は、最大トルク、最大仕事量、平均パワー及び総仕事量の4項目とした。

(4) バネ秤による足関節底屈・背屈運動時の最大筋力の測定

足関節底屈・背屈運動における等張性筋力の測定は、台上にバネ秤を水平に取り付け、フックの先に付けたベルトを被験者の足部に装着する器機を試作し、長座の姿勢によって、最大努力による足関節底屈、背屈運動を実施させ、その最大値(以下、最大筋力と略)を測定値として記録した。

3 トレーニング

足関節底屈・背屈運動のトレーニングは、上述の器機を用い、膝関節伸展・屈曲運動のトレーニングには、レッグカールマシンとレッグエクステンションマシン(SERレッグカール&レッグエクステンションマシン, Senoh)を使用した。

また、測定結果を基に、被験者の形態や筋力等に有意差が生じないように留意しながら、トレーニング処方の

差異によって、A群7名、B群7名、C群7名の3群に分別した。

各群のトレーニング頻度は1週間あたり4回とし、トレーニング強度は、Thomas et al.¹²⁾が提唱している最大反復回数から最大筋力を予測する方法に準拠して算定し、最大負荷量の約60%で12回と、2ヶ月間継続して実施させた。

A群：足関節底屈・背屈運動のトレーニング

B群：膝関節伸展・屈曲運動のトレーニング

C群：非トレーニング

4 測定2

測定は、測定1と同一の項目について、トレーニング中盤、トレーニング終了後に、同一の方法により実施した。

5 統計学的処理

測定値は、平均値と標準誤差で示し、跳躍高の平均値の有意差検定には、One-way Factorial ANOVAまたはOne-way Repeated-Measures ANOVAを用い、2群間の平均値の有意差検定には、対応のあるt検定を用い、2つのカテゴリー変数で分類される多群の平均値の有意差検定には、Two-way Repeated-Measures ANOVAを用い、多重比較にはScheffeの方法を採用した。また、回帰分析には、直線回帰分析を用いた。

なお、有意性の水準は全て5%以下とした。

Ⅲ. 結果

図1に、A群、B群、C群におけるVJの跳躍高の経時的推移を月毎に示した。VJの跳躍高は、A群において有意な経時的変化が認められたが($p < 0.05$)、B群、C群では有意な経時的変化は認められなかった。なお、C群における跳躍高の測定値の変動について、VJの変動係数(以下CVと略)は、10月が8.0%、11月が5.3%、12月が3.6%で2ヶ月間のCVの平均値は5.8%であり、生理科学的な変動の範囲内であった。

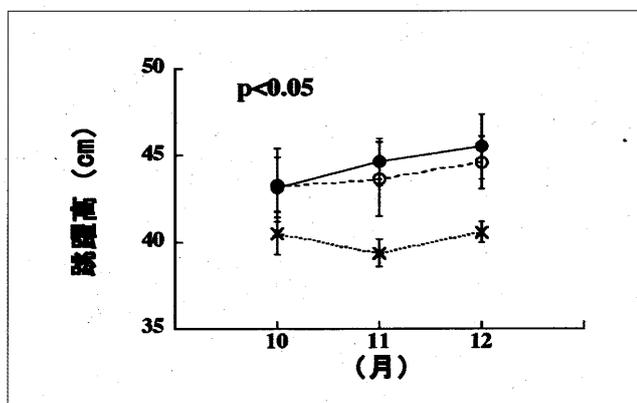


図1 各群における跳躍高の経時的変化
●：A群，○：B群，×：C群

図2に、A群、B群、C群における足関節底屈・背屈運動での最大筋力の経時的推移を月毎に示した。足関節底屈動作では、A群において有意な経時的変化が認められたが($p < 0.05$)、B群、C群では有意な経時的変化は認められなかった(図2-1)。足関節背屈動作では、A群において有意な経時的変化が認められたが($p < 0.05$)、B群、C群では有意な経時的変化は認められなかった(図2-2)。

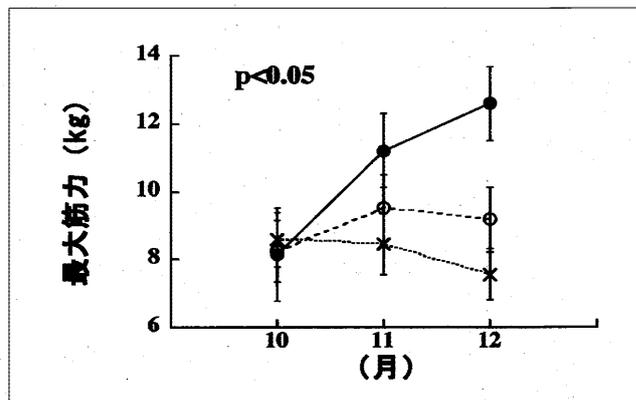


図2-1 各群の足関節底屈運動における最大筋力の経時的変化
●：A群，○：B群，×：C群

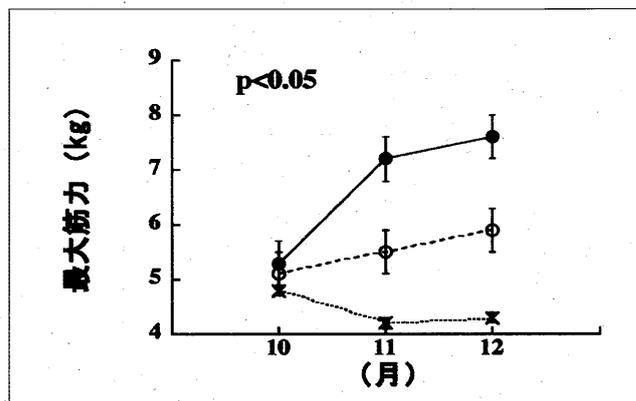


図2-2 各群の足関節背屈運動における最大筋力の経時的変化
●：A群，○：B群，×：C群

図3に、A群、B群、C群における足関節底屈・背屈運動での等速性筋力の最大トルクの経時的推移を月毎に示した。足関節底屈動作では、A群において有意な経時的変化が認められたが($p < 0.05$)、B群、C群においては有意な経時的変化が認められなかった。なお、足関節背屈動作では、全ての群においては有意な経時的変化は認められなかった。

図4に、A群、B群、C群における膝関節伸展・屈曲運動での等速性筋力の最大トルクの経時的推移を月毎に示した。膝関節伸展動作では、B群において有意な経時的変化が認められたが($p < 0.05$)、A群、C群においては有意な経時的変化は認められなかった。なお、膝関節屈曲動作においても伸展動作同様の傾向が得られた。

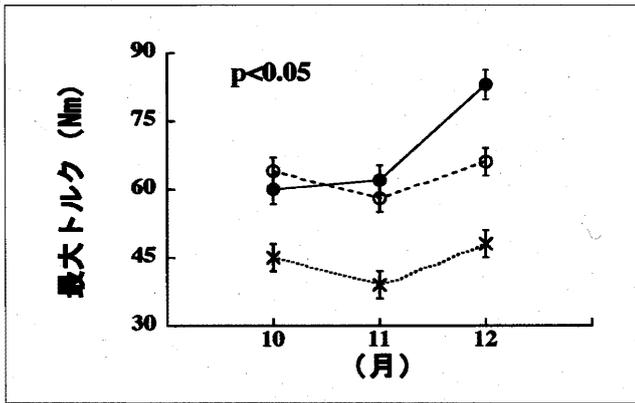


図3 各群の足関節底屈運動における最大トルクの経時的変化

●: A群, ○: B群, ×: C群

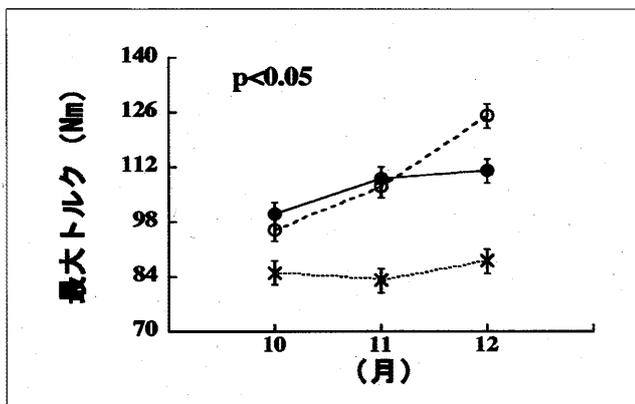


図4 各群の膝関節伸展運動における最大トルクの経時的変化

●: A群, ○: B群, ×: C群

図5に、VJにおける跳躍高と足関節底屈・背屈運動での最大筋力との相関関係を示した。足関節底屈動作、足関節背屈動作のいずれにおいても有意な正の相関関係が認められた ($p < 0.05$)。

図6に、VJにおける跳躍高と足関節底屈・背屈運動での等速性筋力の最大トルクとの相関関係を示した。足関節底屈動作、足関節背屈動作のいずれにおいても有意な正の相関関係が認められた ($p < 0.05$)。

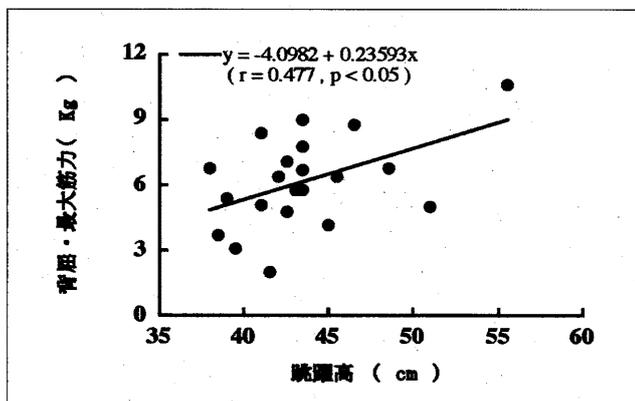


図5-1 跳躍高と足関節底屈・背屈運動における最大筋力との相関関係

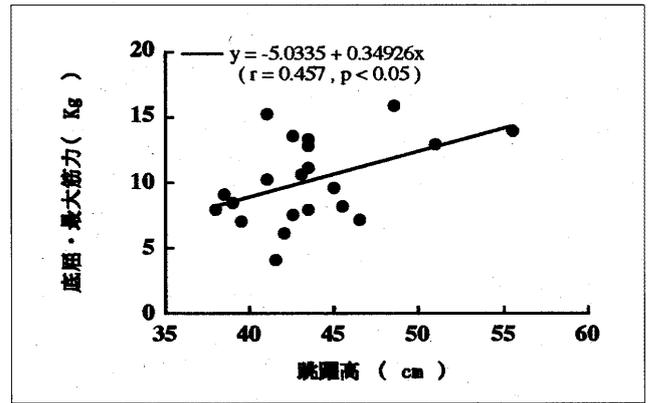


図5-2 跳躍高と足関節底屈・背屈運動における最大筋力との相関関係

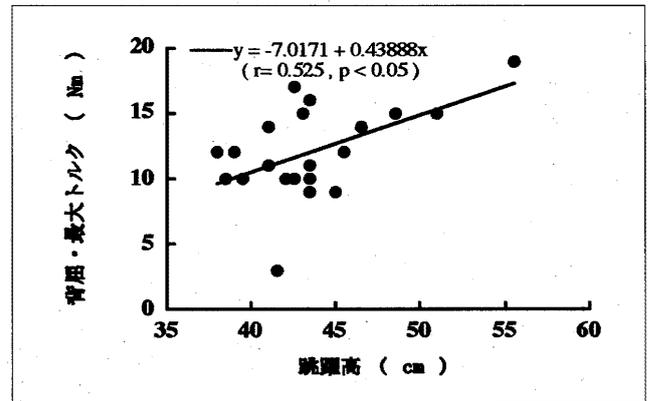


図6-1 跳躍高と足関節底屈・背屈運動における最大トルクとの相関関係

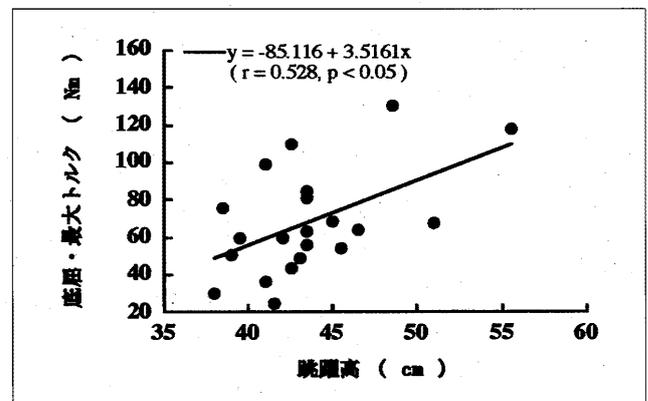


図6-2 跳躍高と足関節底屈・背屈運動における最大トルクとの相関関係

IV. 考察

跳躍高に及ぼす身体各部の影響について、従来から下肢の関与度の重要性が指摘されている。阿部¹³⁾は、跳躍高における身体各部の運動を相対的に捉えて検討した結果、下肢約70%、上肢約20%、体幹約10%の比率で貢献度が得られると説明している。

また、勝田²⁾は、単発的なジャンプでは、腱で蓄えられた弾性エネルギーよりも下腿三頭筋で発揮された張力自身が大きく貢献することを報告している。

このような知見を総合すれば、下肢の筋力、主として足関節底屈・背屈運動、膝関節伸展・屈曲運動がジャンプパフォーマンスに及ぼす影響は大きいものと推測される。

本研究では、下肢の小筋群のトレーニングがジャンプパフォーマンス向上の誘因となる可能性を有する跳躍高に及ぼす影響について、足関節および膝関節運動時の筋力との関連から考察を進める。

小筋群のトレーニングについて、例えば、田中¹⁴⁾は、上肢における手首の掌屈・背屈動作のような小筋群の等速性筋力において、ラグビーフットボール競技の投能力を向上させる決定因子になると報告している。本実験においても、同様の観点から、下肢の関節運動のトレーニングにより、各関節運動に関連する小筋群の筋力の増大が招来され、跳躍高が向上したと推察される。つまり、下肢の関節運動に関わる小筋群のトレーニング度は、ジャンプパフォーマンスに密接に関連する重要な因子であると考えられる。

図1～図3に示したように、VJの跳躍高、足関節底屈・背屈運動における最大筋力、等速性筋力における最大トルクの各測定値に有意な経時的変化の向上が認められた。そして、VJの跳躍高の経時的増大は、足関節底屈・背屈運動のトレーニング群に特異的であることが実証された。これは、跳躍動作を行う場合には、足関節底屈・背屈運動に作用する下腿三頭筋の関与度が大きいという先行研究¹⁵⁾の成果に合致する知見であると推察される。

他方、垂直跳びにおいて、膝関節伸展動作が大きく貢献しているという報告³⁾も行われている。しかし、本実験では、膝関節伸展・屈曲運動のトレーニング群において、膝関節伸展運動の筋力には有意な経時的変化が認められたにもかかわらず、跳躍高の記録にはそれが認められず、ジャンプパフォーマンスと足関節底屈・背屈運動の等速性筋力および最大筋力との相関関係からも両者の密接な関係が追認されている。

以上のような見解から、足関節底屈・背屈運動が、ジャンプパフォーマンスに大きく影響を及ぼすことが推察され、底屈・背屈動作形態における筋力発揮様式から、ジャンプパフォーマンス向上に対して支配的な要因となるのは、底屈力である可能性が強く示唆されている。

総括として、バレーボール競技におけるジャンプパフォーマンスの根幹をなす垂直跳びの運動能力は、足関節の底屈・背屈様式での関節運動と密接に関連すると推量され、ジャンプパフォーマンスの向上を目的とした実践的なこれらの小筋群のトレーニングの有用性が示唆された。

今後の課題として、よりバレーボール競技の実践場面に則した動作形態として、助走を開始局面とする垂直跳

びであるスパイクジャンプと足関節底屈・背屈運動との関連性を明らかにするとともに、長期に渡るトレーニングが下肢の筋力とジャンプパフォーマンスに及ぼす影響について検証することとしたい。

V. 結 語

ジャンプパフォーマンスの向上を目的として、跳躍高と下肢の等速性筋力との関連について考究し、下肢の筋力トレーニングの有効性について検証した。女子大学生21名を対象として、トレーニング実験を行い、以下のような知見を得た。

1. 足関節底屈・背屈運動のトレーニング群にのみ、垂直跳びの跳躍高に有意な経時的増加が認められた。
2. 足関節底屈・背屈運動のトレーニングにより、最大筋力及び等速性筋力の各測定値の経時的変化に有意な向上が認められ、足関節底屈・背屈運動とジャンプパフォーマンスとの間には密接な関連があることが実証された。
3. ジャンプパフォーマンスと足関節底屈・背屈運動の最大筋力、等速性筋力の間には、有意な正の相関関係が認められた。

以上のような知見から、ジャンプパフォーマンスの向上を企図した足関節底屈・背屈運動の実践的なトレーニングを行うことの有効性が示唆された。

参考文献・引用文献

- 1) 日本バレーボール協会指導普及委員会編「シリーズ、スポーツQ&A、実践バレーボール下」大修館書店、pp.86-87, 1983
- 2) 黒川貞夫「バレーボールの競技力向上に資するスポーツ科学の成果。21世紀と体育・スポーツ科学の発展2」日本体育学会第50回記念大会誌、日本体育学会第50回記念大会特別委員会編集、pp.89-99, 2000
- 3) 宮下充正、深代千之、山際哲夫「跳ぶ科学」スポーツ科学ライブラリー、大修館書店、pp.87-97, 1990
- 4) Boert, M.F., Van. Ingen. Schenau, G.J. Mechanical output the ankle joint in isokinetic planter flexion and jumping. Med. Sci. Spot Exer. 22(10), pp.660-668, 1990
- 5) Van. Ingen. Schenau, G.J., Bobbert, M.F., Huijing, P., A. Woittiez, R.D. The instantaneous torque-angular velocity relation in plantar flexion during jumping. Med. Sci. Spot Exer. 17(8), pp.422-426, 1985
- 6) Destaso, J., Kaminski, T.W., Perrin, D.H. Relationship between drop vertical jump height and isokinetic measures utilizing the stretch-shortening cycle. Isokinetics and Exercise Science 3(10), pp.175-179, 1997
- 7) Maffiuletti, N.A. The effects of electromyosimulation

- training and basketball practice on muscle strength and jumping ability. *Int. J. Sport Med.* 21, pp.437-443, 2000
- 8) 勝田茂, 高村英幸, 中林真知子, 稲木光春, 福原祐三, 村木征人, 尾懸貢, 新津守「アキレス腱の形態的特性がジャンプパフォーマンスに及ぼす影響」筑波大学体育科学系紀要, pp.23-34, 1998
- 9) Bobbert, M.F., A. Huijing, Van. Ingen. Schenau, G.J. An estimation power output and work done by human triceps surae muscle tendon complex in jumping. *J. Biomech.* 19(11), pp.899-906, 1986
- 10) 財団法人日本バレーボール協会編「バレーボール・コーチ教本. 地域・競技力向上指導者B級用」大修館書店, pp.44-48, 1989
- 11) 伊坂忠夫, 湯浅康弘「パワーをどうアップするか. 特集, 爆発的筋力」月刊トレーニングジャーナル12月号, ブックハウスHD, pp.15-17, 2003
- 12) Thomas, R.B., Baremey, R.G. *Weight training steps to success.* Lesure Press, pp.141-151, 1992
- 13) 阿部通良, 洪川侃二, 石島繁, 橋原孝博「高さをねらいとする跳のバイオメカニクスの特性. 身体運動の科学V」杏林書院, pp.182-188, 1983
- 14) 田中弘之, 佐々木弘幸, 村上智計, 土井剛史, 山中一剛「ラグビーフットボール競技における投距離と上肢の筋力との関係—筋力トレーニングが等速性筋力と投能力に及ぼす影響—」教育実践学論集, 5, pp.111-118, 2004
- 15) 川野哲英「ファクショナルエクササイズ⑧」月刊トレーニングジャーナル7月号, ブックハウスHD, pp.53-58, 2002