

大学生女子ハンドボール選手におけるジャンプ力向上のための Velocity-Based Training至適強度の検討

田 中 淳^{*1} 岸 本 恵 一^{*2}

Optimized Load for Velocity-based Training to Develop the Jumping Performance of Female College Handball Players

Jun Tanaka^{*1} Keiichi Kishimoto^{*2}

Abstract

The purpose of this study was to investigate the optimal load of Velocity-Based Training from the relationship between jumping performance and the load-velocity profile for collegiate women handball players. The mean concentric velocity of squats was measured using four increasing loads and the load-velocity profiling were analyzed. The load and the load of body-weight ratio for each velocity (0.40-1.05m/s) were calculated using the load-velocity profile. The correlation between all of the data and Counter Movement Jump were analyzed. Correlation analysis provided quantification of the relationships between the load and the velocity of 0.60-1.05m/s. ($p<0.01$) The strongest correlation between them were at 1.00m/s ($p<0.01$). Correlation analysis also provided quantification of the relationships between the load of body-weight ratio and the velocity. ($p<0.01$) The strongest correlation between them was at 1.00m/s ($p<0.01$). This suggests that the optimal velocity of VBT to develop jumping performance is 0.85-1.00m/s.

キーワード

ジャンプ力、Velocity-Based Training、スクワット、至適強度、負荷-速度関係

I. はじめに

ハンドボール競技の最大の魅力は、6m以上離れた距離からゴールを狙うジャンプシュートである。ハンドボールだけでなく、バスケットボールでのシュートやリバウンド、サッカーにおけるヘディング、バレーボールのスパイクやブロックなど、ジャンプ動作は多くのスポーツ種目における重要な競技動作に含まれている。

*1 たなか じゅん：大阪国際大学人間科学部准教授（2019.12.6受理）

*2 きしもと けいいち：大阪国際大学人間科学部准教授

ジャンプ力の向上には、さまざまなトレーニング方法が実施され、その効果が明らかにされているものも多い。特にレジスタンストレーニングやパワークリーンおよびパワースナッチなどに代表される爆発的のパワートレーニングは、多くの研究によりジャンプ力の向上が明らかとなっており、それらからジャンプ力を向上させる基本的なガイドラインも定められている³⁾。

特にジャンプ力をはじめとするパワー向上トレーニングでは、その目的となる動作のパワー発揮特性（負荷と動作速度）に近い条件でのトレーニングを実施することが効果的であることが分かっている¹⁶⁾。つまりパワートレーニングでは、決められた動作速度を維持することが求められるため、動作速度を確認しながらトレーニングの質を維持することは大変重要であるといえる。

しかしながら従来からのパワートレーニングでは、最大挙上重量（1RM）を基準としてトレーニングの強度、レップ数、セット数が設定される。（%RM法）%RM法では、決められた重量で決められたレップ数を実施することが求められ、トレーニングの量については管理することは可能であるが、トレーニングの質つまり動作速度については定量化することが困難なため、ほとんど管理されていない。また%RM法では、決められた回数を実施するため、後半のレップで動作速度が落ちてでも最後まで実施することとなる。動作速度が落ちた状態でのトレーニング継続は、効果がないだけでなく、場合によってはオーバーワークとなり、トレーニング効果へはマイナスの影響を与える可能性も考えられる。

このような%RM法に対し、トレーニングの目的に合わせた適切な動作速度を基準としてトレーニングプログラムを作成し、その動作速度を確認しながらトレーニング強度やレップ数をコントロールする方法はVelocity-Based Training（VBT）と呼ばれ、その有効性も複数の研究により確認されている^{4) 5) 12)}。

特に近年では様々なデバイスが開発され、リアアポジショントランスデューサー（LPT）や慣性センサー等を用いることにより、トレーニング中にリアルタイムでその動作速度を正確に確認することが可能となった。動作速度をリアルタイムで正確に確認することで、トレーニングの質つまり動作速度を管理することが可能となる²⁾。

VBTでは決められた動作速度をトレーニング終盤まで維持するために、動作速度が事前に決めた割合もしくは値に達しなくなった場合、そのセットは中止し、一度休憩を取った後再び設定した速度で新しいセットに取り組むという方法がある。（Velocity Loss Cutoff）この方法を用いることによりトレーニング中の動作速度を保ちながらトレーニングを継続できることが分かっている^{6) 10) 11)}。つまり目的とする動作速度を維持したままトレーニングを継続することにより、目的とするトレーニング効果が期待できると考えられる。そして必要のないレップを行わずにすむことから、オーバーワークを防ぐだけでなく、ジャンプ力向上への効率的なトレーニングが期待できる。

スクワットは下肢の代表的なトレーニング種目であり、ジャンプ力向上に有効であることも分かっている。一般的な筋力やパワー向上のためのスクワットのVBTにおける速度の基準にはいくつかガイドラインが設定されている。しかしながら女子選手におけるジャンプ力とスクワットによる挙上速度の関係から最適な動作速度を調べた研究はない。

そこで本研究では、大学生女子ハンドボール選手におけるジャンプ力とスクワット動作の負荷-速度関係から、ジャンプ力向上のためのスクワットのVelocity-Based Training至適強度を検討することを目的とした。

II. 方法

1. 対象

対象は、中四国大学ハンドボール連盟に所属し、全日本学生選手権大会への出場経験のある大学女子ハンドボール部の選手36名（ 19.6 ± 1.4 歳）であった。対象選手は全米ストレングス&コンディショニング協会（NSCA）認定の有資格者に指導を受けながら定期的（1週間に2回程度）にウェイトトレーニングを実施しており、ウェイトトレーニングにおいては中級～上級者といえる。表1は対象選手の身体的特徴を表したものである。

各被験者には測定に伴う危険性を説明し、身体に異常等を感じた場合には、いかなる場合でも自発的に中止できることを理解させた上で行った。また緊急時の対応についても、事前に定められた安全管理体制に従い、十分に注意をしながら実施した。

また月経周期による筋力の変化については、卵胞期から排卵期にかけて筋力が増大するとの報告^{18) 20)}もあるが、スポーツ選手の場合は一定の変動パターンが見出せないことが多く⁹⁾、筋力の変化に及ぼす月経周期の影響は明確になっていない²²⁾ことから、今回は月経周期を考慮せずに実施した。

2. 測定項目

1) ジャンプ力

ジャンプ力の測定として、脚の反動動作を用いたカウンタームーブメントジャンプ（CMJ）を実施し、その跳躍高をマットスイッチ（マルチジャンプテスタ：DKH社製）にて測定した。尚、脚による爆発的パワーを評価することを目的とすることから、腕の動作による補助的な効果をなくすために、両手を腰に当てた状態でのジャンプ（腕振りなし）を実施した。測定方法は国立科学スポーツセンターの実施するフィットネス・チェックマニュアル⁸⁾に準じた。

2) スクワットにおける負荷-速度プロファイルの作成

4段階の異なる負荷でスクワットを実施し、その挙上速度（平均速度）をリニアポジショントランスデューサー（FITROdyne）にて測定した。選手へはすべての試技で最大

表1 対象選手の身体的特徴 (n=36)

	平均±標準偏差
身長 (cm)	160.23±4.89
体重 (kg)	57.54±6.03
体脂肪率 (%)	20.15±3.70
除脂肪体重 (kg)	45.82±3.96

速度での挙上を心がけさせた。その負荷-速度関係から回帰直線を作成し、回帰式および相関係数を算出した。回帰直線における相関係数 (r) は、全ての選手において0.95以上 (n = 4 の場合のp臨界値) となり、その有意性が確認された。図1にスクワットにおける負荷-速度関係の回帰直線作成例を示した。またスクワットの場合、最大挙上重量時の挙上速度はおよそ0.3m/secとなることが明らかとなっている^{1) 13)}。このことから、回帰直線上の挙上速度が0.3m/secとなる負荷を推定最大挙上重量 (1RM) とし、またその値を体重で除した値を推定最大挙上重量の体重比 (1RM/BW) とした。

またその回帰式から、挙上速度0.40~1.05m/secの範囲を0.5m/sec 単位で、①各挙上速度に対応する重量、②各挙上速度に対応する重量の体重比を算出した。

3. 分析および統計処理

- 1) CMJとスクワット1RMまたは1RM/BWとの関係から、ジャンプ力と最大挙上重量との関連性について検討した。
- 2) CMJと各挙上速度に対応する重量またはその体重比との関係から、ジャンプ力と各挙上速度における力発揮との関連性について検討した。

統計処理は、統計ソフトは表計算ソフトExcel (Microsoft社) を使用し、CMJと各値との関係については、ピアソンの積率相関係数を用いて検討した。すべての検定において統計的有意水準は危険率5%未満とした。

Ⅲ. 結果および考察

1. CMJとスクワット1RMまたは1RM/BWとの対応関係

図2はCMJとスクワット1RMまたは1RM/BWとの対応関係を表したものである。CMJと1RM ($r=0.214$) および1RM/BW ($r=0.289$) においては、いずれも有意な相関関係は認められなかった。

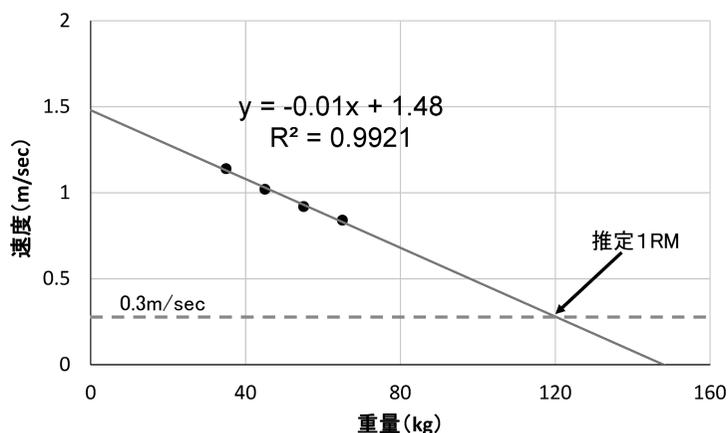


図1 スクワットにおける負荷-速度関係の回帰直線作成例

スクワット 1 RMや 1 RM/BWと跳躍力との関係については、有意な相関関係を認めた報告も多いが、今回のように関係性が認められない報告もある^{17) 19)}。筆者の研究においてもこのような結果は確認されており、これは対象者のトレーニングレベルや 1 RM測定精度などが原因であることが推測され、ジャンプ力を向上させるためのトレーニングの目的を 1 RMもしくは 1 RM/BWの向上のみとすることが、場合によっては不適切である可能性を示唆している。

ジャンプ力のようなパワー向上トレーニングにおける戦略では、筋力向上が基本条件となるが、筋力の増大によるパワー向上には限界があるとされている¹⁵⁾。特に高負荷のレジスタンストレーニングを長期にわたり実施すると、筋線維はタイプ II xからタイプ II axを経て、タイプ II aへと遅筋化が起これ、スピードや力の立ち上がり率 (RFD) などの低下が起これるとの報告もある²¹⁾。このことからジャンプ力向上のためには、筋力向上を目的

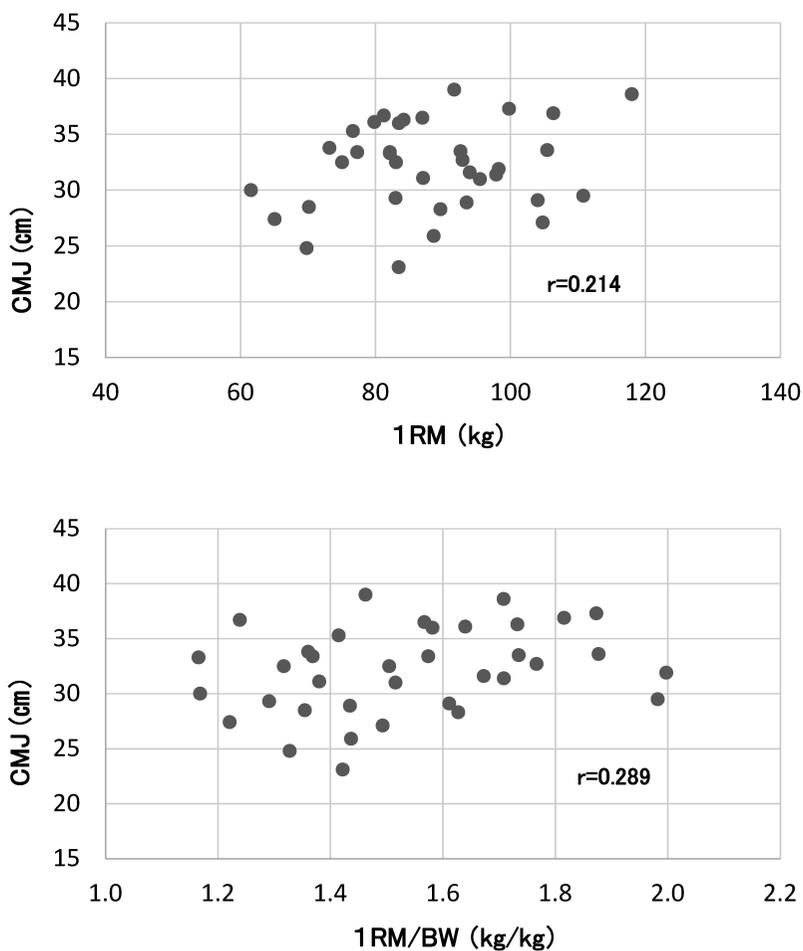


図2 CMJとスクワット 1 RMまたは 1 RM/BWとの対応関係

としたトレーニングだけでなく、動作速度を基準としたトレーニングの必要性が示唆される。

2. CMJと各挙上速度に対応する重量またはその体重比との関係

1) CMJ跳躍高と各挙上速度対応する重量との関係

表2はCMJ跳躍高と各挙上速度に対応する重量との関係を表したものである。挙上速度0.60~1.05m/secの範囲の全てにおいて有意な相関関係を示し ($p < 0.05$)、1.00m/sec ($r = 0.452$) での重量が最も高い相関であった。

今回の結果から中速から高速度域での力発揮がジャンプの跳躍高と関係が強いことが明らかとなり、ジャンプ力向上のVBT至適強度は、比較的速い速度域でのトレーニングであることが示唆された。

2) CMJ跳躍高と各挙上速度に対応する重量の体重比との関係

表3はCMJ跳躍高と各挙上速度に対応する重量の体重比との関係を表したものである。挙上速度0.40~1.05m/sec全ての範囲で有意な相関関係を示し ($p < 0.05$: 0.40~0.65m/sec、 $p < 0.01$: 0.70~1.05m/sec)、0.85m/sec ($r = 0.507$) が最も高い相関を示した。

今回の結果から中速から高速度域での力発揮がジャンプの跳躍高と関係が強いことが明らかとなり、負荷の基準を体重比とした場合でもジャンプ力向上のVBT至適強度は、比較的速い速度域でのトレーニングであることが示唆された。

長谷川⁷⁾は、トレーニングの目的と動作速度の関係について、最大筋力は0.5m/s以下、加速筋力は0.5~0.75m/s、筋肥大は0.5~0.8m/s、筋力-スピードでは0.75~1.0m/s、スピードは1.3m/sの速度で実施するべきであると述べている。今回の結果をその区分に照らし合わせると、筋力-スピードに該当し、これは筋力を強調したパワーの領域であることから、筋力を向上させながらスピードを高める方法、つまり中程度の負荷でできるだけ速く挙上するトレーニングが最適であると考えられる。

しかし幅広い挙上速度の範囲でCMJとの相関が認められたことは、ジャンプ動作が比

表2 CMJと各挙上速度に対応する重量との関係

	挙上速度													
	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05 (m/sec)
r	0.254	0.275	0.297	0.320	0.343*	0.365*	0.386*	0.405*	0.421*	0.434*	0.443*	0.449*	0.452*	0.451*

* $p < 0.05$

表3 CMJと各挙上速度に対応する重量の体重比との関係

	挙上速度													
	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05 (m/sec)
r	0.332*	0.356*	0.381*	0.406*	0.431*	0.454*	0.474**	0.491**	0.502**	0.507**	0.506**	0.499**	0.488**	0.474**

** $p < 0.01$ * $p < 0.05$

較的大きな力で床を押す低速の動作開始局面から軽い力で速い動作となる後半局面まで、幅広い速度の動作が含まれているからであると推測される。

また個人の負荷－速度関係における回帰式では、その傾きに個人差が認められたことから、動作速度の課題は個人によって異なることが考えられる。つまりジャンプ力向上のためのトレーニングにおいても個人に合わせた速度域でのトレーニングの必要性も示唆された。

IV. まとめ

今回の研究では、CMJとスクワット1RMおよび1RM/BWとの関係は認められなかったことから、ジャンプ力を向上させるためには1RMおよび1RM/BWの向上を目的としたトレーニングのみでは不十分である可能性が示唆された。

中速から高速度域(0.85~1.00m/sec)での力発揮において特にCMJとの関係が高いことが明らかとなったことから、ジャンプ力の向上を目的とするVBTの場合、この速度域でのトレーニングの実施が推奨される。

しかしながら0.40~1.05m/sと幅広い速度域で相関が認められたことや、負荷－速度関係の回帰式は個人によりその傾きが違うことから、より効率的なトレーニングのためには個々の特徴に合わせ、適切な速度域で実施する必要性が示唆された。

V. 参考文献

- 1) B. Jidovtseff, N. K. Harris, J. M. Crielaard, and J. B. Cronin. Using the load-velocity relationship for 1 RM prediction. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 267-270, 2011.
- 2) C. L. Jennings, W. Viljoen, J. Durandt, and M. I. Lambert. The reliability of the fitrodyne as a measure of muscle power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, 859-863, 2005.
- 3) G. Gregory Haff, N. Travis Triplett. ストレングストレーニング&コンディショニング NSCA決定版(第4版). 篠田邦彦監修. ブックハウスHD, 2018年.
- 4) 長谷川裕. Velocity Based Trainingの理論と実践. エスアンドシー株式会社, 2017年.
- 5) J. J. González-Badillo, and L. Sánchez-Medina. Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*. 31, 347-352, 2010.
- 6) J. Weakley, C. Ramirez-Lopez, S. McLaren, N. Dalton-Barron, D. Weaving, B. Jones, K. Till, and H. Banyard. The effects of 10%, 20%, and 30% velocity loss thresholds on kinetic, kinematic, and repetition characteristics during the barbell back squat. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, doi: 10.1123/ijsp. 2018-1008.
- 7) K. L. Taylor, D. W. Chapman, J. B. Cronin, M. J. Newton, and N. Gill. Fatigue monitoring in high performance sport: A survey of current trends. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 20, 12-23, 2012.
- 8) 国立科学スポーツセンター. 垂直飛び、CMJ(カウンタームーブメントジャンプ)、SJ(スクワットジャンプ). 国立科学スポーツセンター. (オンライン), 入手先 <https://www.jpnsport.go.jp/jiss/Portals/0/column/fcmanual/07r_suichoku_cmj_sj.pdf>, (参照2019-12-6).
- 9) 国立科学スポーツセンター. スポーツ医科学最前線 第16回女性アスリートのコンディショニング-月経との関わり方-. 国立科学スポーツセンター. (オンライン), 入手先 <https://www.jpnsport.go.jp/jiss/column/saizensen/saizensen_16/tabid/458/Default.aspx>, (参照2020-1-17).
- 10) L. S. Nchez-Medina, and J. J. González-Badillo. Velocity loss as an indicator of neuromuscular

- fatigue during resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43, 1725-34, 2011.
- 11) M. Izquierdo, J. J. González-Badillo, K. Häkkinen, J. Ibañez, W. J. Kraemer, A. Altadill, J. Eslava, and E. M. Gorostiaga. Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetitions to failure during upper and lower extremity muscle actions. *International Journal of Sports Medicine*. 27, 718-724, 2006.
 - 12) M. Jovanović, and E. P. Flanagan. Researched applications of velocity based strength training. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 22, 58-69, 2014.
 - 13) M. S. Stock, T. W. Beck, J. M. Defreitas, and M. A. Dillon. Test-retest reliability of barbell velocity during the free-weight bench-press exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 171-177, 2011.
 - 14) N. K. Harris, J. Cronin, K. L. Taylor, J. Boris, and J. Sheppard. Understanding position transducer technology for strength and conditioning practitioners. *Strength and Conditioning Journal*, 32, 66-79, 2010.
 - 15) NPO法人日本トレーニング指導者協会. トレーニング指導者テキスト実践編改訂版. 大修館書店, 2009年.
 - 16) P. Cormie, G. O. McCauley, and J.M. McBride. Power versus strength-power jump squat training: influence on the load-power relationship. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39, 996-1003, 2007.
 - 17) R. Bonnette, F. Spaniol, D. Melrose, L. Ocker, and J. Bain. The relationship between squat strength, vertical jump, and power score of high school football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 85-86, 2011.
 - 18) R. Sarwar, B. B. Niclos, and O. M. Rutherford. Changes in muscle strength, relaxation rate and fatiguability during the human menstrual cycle. *Journal of Physiology*, 493, 267-272, 1996.
 - 19) S. Jakovljević, M. Karalejić, Z. Pajić, N. Janković, and F. Erčul. Relationship between 1 RM back squat test results and explosive movements in professional basketball players. *Acta Universitatis Carolinae Kinanthropologica*, 51, 41-50, 2015.
 - 20) S. K. Phillips, A. G. Sanderson, K. Birch, S. A. Bruce, and R. C. Woledge. Changes in maximal voluntary force of human adductor pollicis muscle during the menstrual cycle. *Journal of Physiology*, 496, 551-557, 1996.
 - 21) S. Trappe, D. Costill, and R. Thomas. Effect of swim taper on whole muscle and single muscle fiber contractile properties. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32, 48-56, 2000.
 - 22) V. M. Zatsiorsky, and W. J. Kraemer. 筋力トレーニングの理論と実践. 高松薫監訳. 大修館書店, 2009年.