

実践報告

大学女子バレーボール選手への VBT デバイスを活用した  
トレーニング効果の検討

天 野 雅 斗

星槎道都大学研究紀要

第 4 号

2023 年

## 実践報告

# 大学女子バレーボール選手への VBT デバイスを活用した トレーニング効果の検討

天 野 雅 斗

### 要約

本研究は、従来のウェイトトレーニングが女子バレーボール選手の挙上速度にどのような影響を与えているのかをリニアエンコーダー式 VBT デバイス (VITRUBE) を使用して検討した。対象は大学女子バレーボール選手 8 名であった。9 種目のトレーニングを測定し、6 種目 (クリーン、プッシュプレス、スクワット、デッドリフト、ベンチプレス、ミリタリープレス) のみ 3 段階の異なる負荷全ての挙上速度に有意差が認められた。それ以外の 3 種目では、スナッチの軽一中負荷、ヒップスラストの軽一高負荷と中一高負荷、ベントオーバーロウの軽一中負荷に有意差が認められなかった。軽負荷になるほど推定挙上速度より低い値を示し、選手間の挙上速度にも差が表れるため、従来のウェイトトレーニングでは軽負荷での爆発的筋力向上に対して効果が低いことが示唆された。VBT デバイスを活用したトレーニングを導入し、より競技特性に近い軽負荷での爆発的筋力の獲得をすることがバレーボール競技動作の改善につながることを示唆された。

### はじめに

バレーボール競技はネット型のスポーツであり最高到達点やジャンプ力が求められ、トレーニングにおいてもジャンプ力向上を目的としたトレーニングが数多く実施されている<sup>1)</sup>。近年、ウェイトトレーニング中の挙上速度をモニタリングし、挙上速度を基準にトレーニング強度と量 (負荷) をコントロールする方法 (以下、Velocity Based Training : VBT という) の研究が進み、VBT は従来のウェイトトレーニングで起こるトレーニングの弊害 (過度な心理的疲労、代謝・神経系のストレス増大、Type 2 線維に発現するミオシン重鎖 IIx の減少、筋収縮速度および筋力の立ち上がり率 (以下、Rate of Force Development : RFD という) の低下) を抑え、ジャンプ力などの爆発的筋力発揮の向上により効果的であることが示唆されている<sup>2, 3)</sup>。そこで本研究は、女子バレーボール部選手への VBT 導入前の実態把握として、従来のウェイトトレーニングが女子バレーボール選手の爆発的筋力発揮にどのような影響を与えているのかを VBT デバイス (VITRUBE<sup>®</sup>, Spain) を活用して、ウェイトトレーニングの負荷と挙上速度の関係から検証することとした。

VITRUBE はウェイトトレーニングを評価するための非常に便利なツールである。VITRUBE は、回転運動を測定できる光学式エンコーダーと、それを直線化するコイルで構成されており、この方法であらゆる直線運動

の距離と速度を測定することができる。VITRUBE は VBT 研究でゴールドスタンダードとされる GymAware などとも比較され信頼性と妥当性が証明されている。サンプリング周波数は 100 Hz、速度検知閾値は 0.04-5.80 m/sec であり、ウェイトトレーニング時に起こるほぼ全ての動作速度を計測することが可能である。また、VITRUBE アプリでは平均速度 (m/sec)、ピーク速度 (m/sec)、平均パワー(w)、ROM : 動作範囲 (cm)、Fatigue : 速度低下率 (%) などを同時にリアルタイムフィードバックすることが可能である<sup>6)</sup> VITRUBE を使用することで、その時点での 1RM や、セッション中のフィットネス状態の変化を知ることが出来る。高重量を用いて過度に疲労させたり怪我を引き起こしてしまったりする可能性のあるテスト (従来の実測 1RM 計測) を行う必要もなくなる。挙上速度からの 1RM 推定は非常に正確かつ簡便に行うことが可能である。これにより、ウェイトトレーニングセッション内での負荷をコントロールすることができ、より少ない時間で最大限の効果を得て、計画した目標を効率よく達成することができるようになる。また、アスリートの疲労の蓄積 (挙上速度の低下) を見つけてコントロールすることで、怪我を避けることもできる。VBT トレーニングはウェイトトレーニングを行うどの競技のアスリートにもメリットがあり、それぞれの競技力向上に必要な能力 (パワー、スピード) を向上させることができるとされている<sup>2)</sup>。

## 対象および方法

### 1. 対象

北海道大学女子1部バレーボールリーグに所属する大学バレーボール選手8名を対象とした。対象選手は日本スポーツ協会公認アスレティックトレーナーより指導を受け定期的（1週間に2回程度）にウェイトトレーニングを実施してきており、ウェイトトレーニングのフォームにおいては熟知しているといえる。対象選手の身体特性は年齢（歳） $20.1 \pm 0.8$ 、身長（cm） $165.3 \pm 6.6$ 、体重（kg） $58.5 \pm 6.1$ であった。

各被験者にはVBTトレーニングを実施する利点と注意点や危険性を説明し、身体に異常等を感じた場合には、いかなる場合においても自発的に中止できることを理解させたうえで実施した（Fig. 1）。また月経周期による筋力の変化についてはスポーツ選手で一定の影響が見られないことが多く明確ではないので<sup>4, 5)</sup>、今回は月経周期を考慮せずに実施した。



Fig. 1. Measurement scenery.

### 2. 方法

ウェイトトレーニングを3段階の異なる負荷（軽負荷—中負荷—高負荷）で3回ずつ、合計9種目（①スナッチ、②クリーン、③プッシュプレス、④スクワット、⑤デッドリフト、⑥ヒップスラスト、⑦ベンチプレス、⑧ベントオーバーロウ、⑨ミリタリープレス）2日に分けて実施し、その挙上速度（①②③はピーク速度、④⑤⑥⑦⑧⑨は平均速度）と挙上動作範囲をVTRUVEを使用し測定した（Fig. 2）。

測定は選手権大会や皇后杯予選が終了した直後の7月末に実施した。負荷設定は通常練習の限られた時間の中で実施したため、選手毎の負荷変更が不要な同一の負荷を設定した。選手には全ての試技において最大速度での挙上を心掛けるよう指示した。各種目の測定値から負荷と挙上速度の関係を調べた。また、得られた測定値から負荷-速度プロフィール（以下、Load-Velocity Profile :

LVP という）を作成し、選手間の% 1RM に対する推定挙上速度の差も調べた。



Fig. 2. Strength training using a linear encoder (VTRUVE®, Spain)

### 統計処理

測定値はすべて平均値および標準偏差で表した。3段階の負荷で測定した挙上速度の関係については一元配置分散分析および Bonferroni 法による多重比較検定により平均値の差を検証した。なお、有意水準は5%未満とした。また、測定した負荷と挙上速度から直線回帰式を作成し、長谷川（2021）がまとめた各種目ごとの推奨1RM速度<sup>1)</sup>から1RMを推定した（Fig. 3）。そして、各種目の推定1RMからLVPを作成し% 1RMと挙上速度の直線回帰式を算出した。

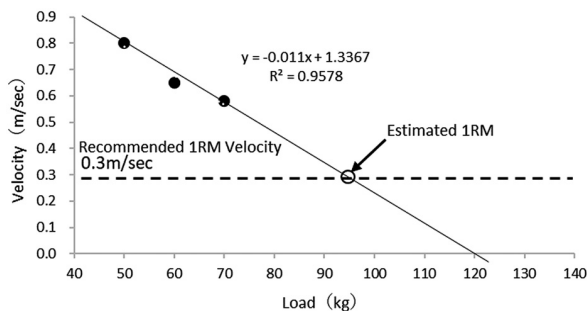


Fig. 3. Example of regression straight line of load-velocity relationship in squat

### 結果

#### 1) スナッチ

1回目と2回目の挙上速度は3回目の挙上速度と比較して有意に高い挙上速度であった（ $p < 0.01$ ）。ROMは $141.18 \pm 16.46$  cmであり3条件間で有意な差はなかった。LVPにおいて、推定最大挙上速度は $4.21 \pm 0.90$ であり、傾きは $-0.0236$ であった（Fig. 4ab）。

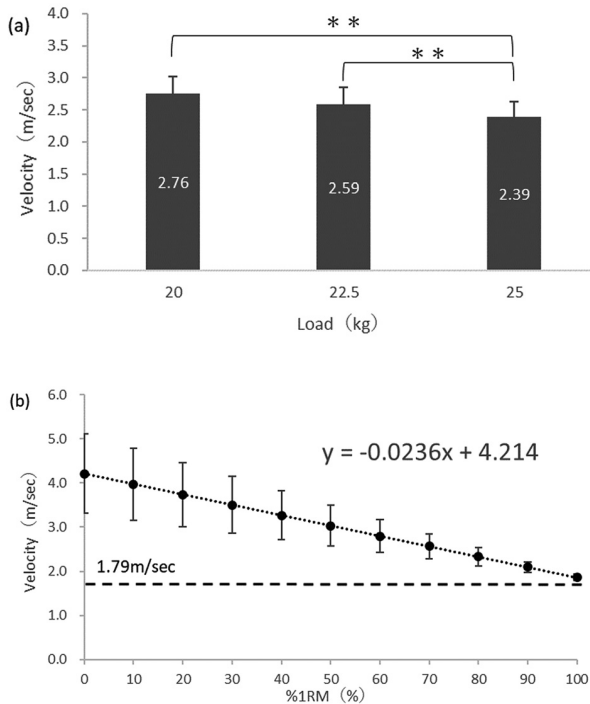


Fig. 4. The relationship between load and peak velocity in Snatch. (a) mean (b) LVP

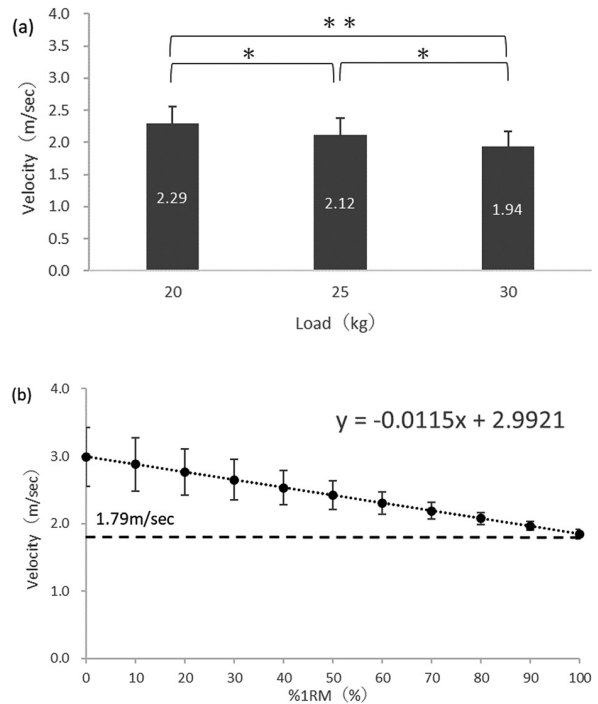


Fig. 6. The relationship between load and peak velocity in Push Press. (a) mean (b) LVP

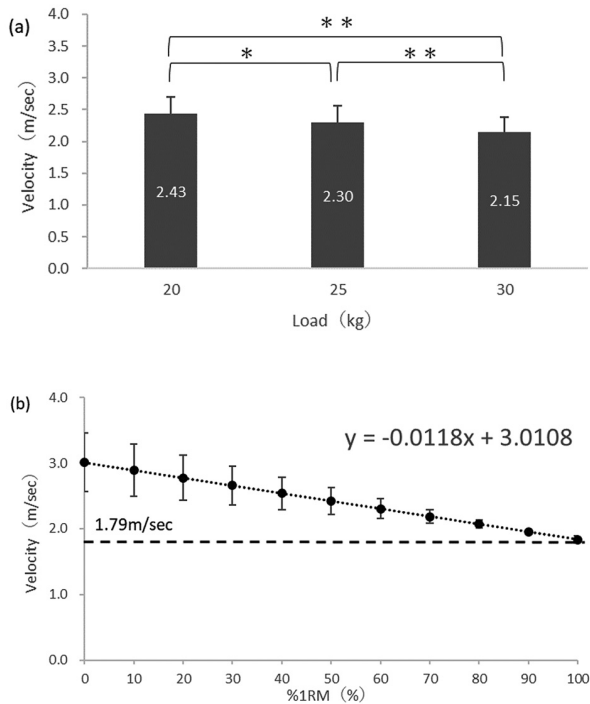


Fig. 5. The relationship between load and peak velocity in Clean. (a) mean (b) LVP

## 2) クリーン

1回目の挙上速度は2回目と3回目の挙上速度と比較して有意に高い挙上速度であった ( $p < 0.05$ ) ( $p < 0.01$ )。2回目の挙上速度は3回目の挙上速度と比較して有意に高い挙上速度であった ( $p < 0.01$ )。ROM は  $98.03 \pm$

15.09 cm であり3条件間で有意な差はなかった。LVPにおいて、推定最大挙上速度は  $3.01 \pm 0.44$  であり、傾きは  $-0.0118$  であった (Fig. 5ab)。

## 3) プッシュプレス

1回目の挙上速度は2回目と3回目の挙上速度と比較して有意に高い挙上速度であった ( $p < 0.05$ ) ( $p < 0.01$ )。2回目の挙上速度は3回目の挙上速度と比較して有意に高い挙上速度であった ( $p < 0.05$ )。ROM は  $80.90 \pm 10.93$  cm であり3条件間で有意な差はなかった。LVPにおいて、推定最大挙上速度は  $2.99 \pm 0.44$  であり、傾きは  $-0.0115$  であった (Fig. 6ab)。

## 4) スクワット

1回目の挙上速度は2回目と3回目の挙上速度と比較して有意に高い挙上速度であった ( $p < 0.05$ ) ( $p < 0.01$ )。2回目の挙上速度は3回目の挙上速度と比較して有意に高い挙上速度であった ( $p < 0.01$ )。ROM は  $46.91 \pm 4.21$  cm であり3条件間で有意な差はなかった。LVPにおいて、推定最大挙上速度は  $1.18 \pm 0.39$  であり、傾きは  $-0.0083$  であった (Fig. 7ab)。

## 5) デッドリフト

1回目と2回目の挙上速度は3回目の挙上速度と比較して有意に高い挙上速度であった ( $p < 0.01$ )。ROM は  $40.46 \pm 5.71$  cm であったが、1回目のROM  $42.11 \pm$

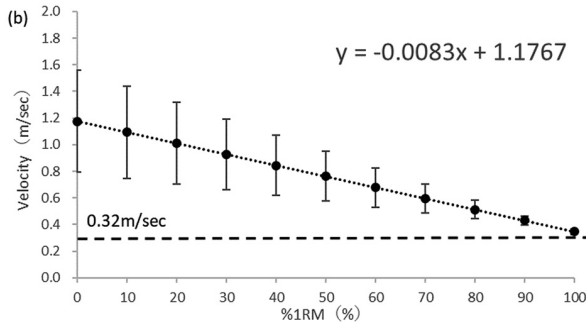
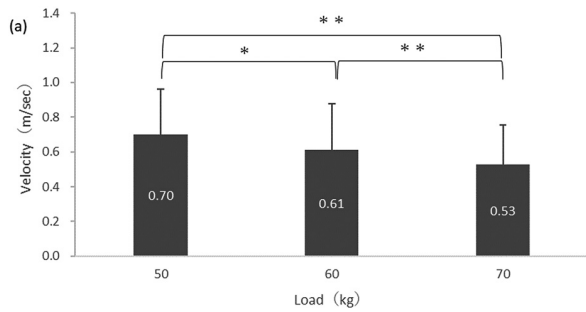


Fig. 7. The relationship between load and mean velocity in Squat. (a) mean (b) LVP

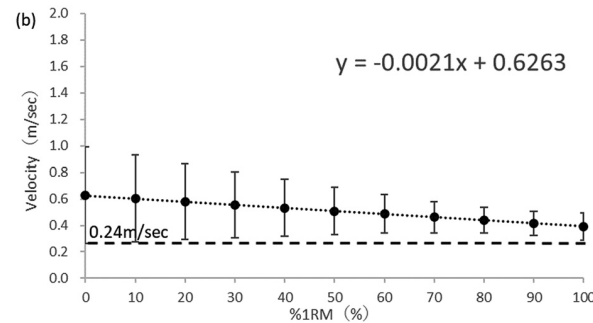
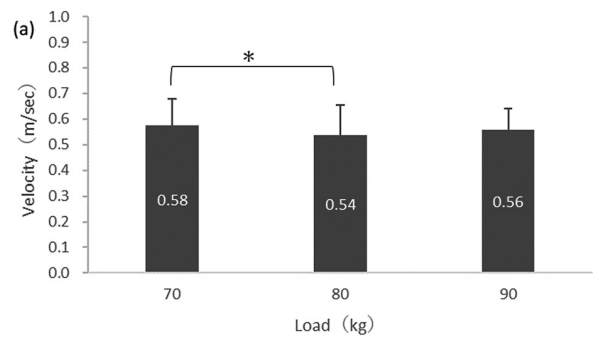


Fig. 9. The relationship between load and mean velocity in Hip thrusters. (a) mean (b) LVP

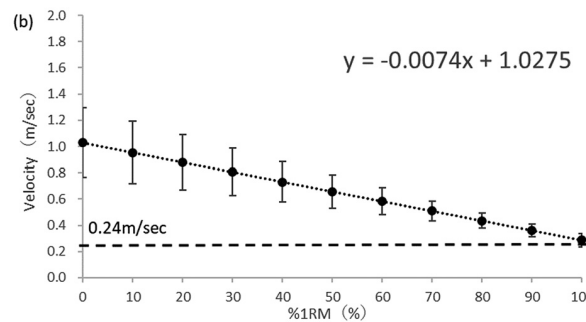
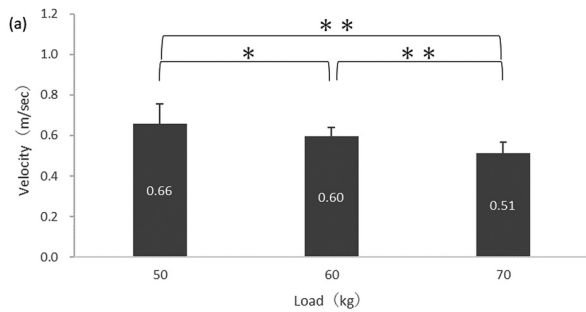


Fig. 8. The relationship between load and mean velocity in Deadlift. (a) mean (b) LVP

6.23 cm と 2 回目の ROM  $41.81 \pm 5.08$  cm は 3 回目の ROM  $37.46 \pm 5.20$  cm と比較して有意に高い値であった ( $p < 0.05$ )。LVP において、推定最大挙上速度は  $1.03 \pm 0.27$  であり、傾きは  $-0.0074$  であった (Fig. 8ab)。

## 6) ヒップスラスト

1 回目の挙上速度は 2 回目の挙上速度と比較して有意に高い挙上速度であった ( $p < 0.05$ )。ROM は  $32.08 \pm 4.89$  cm であり 3 条件間で有意な差はなかった。LVP において、推定最大挙上速度は  $0.63 \pm 0.36$  であり、傾きは  $-0.0021$  であった (Fig. 9ab)。

## 7) ベンチプレス

1 回目の挙上速度は 2 回目と 3 回目の挙上速度と比較して有意に高い挙上速度であった ( $p < 0.01$ )。2 回目の挙上速度は 3 回目の挙上速度と比較して有意に高い挙上速度であった ( $p < 0.01$ )。ROM は  $45.14 \pm 5.84$  cm であり 3 条件間で有意な差はなかった。LVP において、推定最大挙上速度は  $1.47 \pm 0.28$  であり、傾きは  $-0.0128$  であった (Fig. 10ab)。

## 8) ベントオーバーロウ

1 回目と 2 回目の挙上速度は 3 回目の挙上速度と比較して有意に高い挙上速度であった ( $p < 0.05$ )。ROM は  $46.68 \pm 8.46$  cm であり 3 条件間で有意な差はなかった。LVP において、推定最大挙上速度は  $1.29 \pm 0.54$  であり、傾きは  $-0.0057$  であった (Fig. 11ab)。

## 9) ミリタリープレス

1 回目の挙上速度は 2 回目と 3 回目の挙上速度と比較して有意に高い挙上速度であった ( $p < 0.01$ )。2 回目の

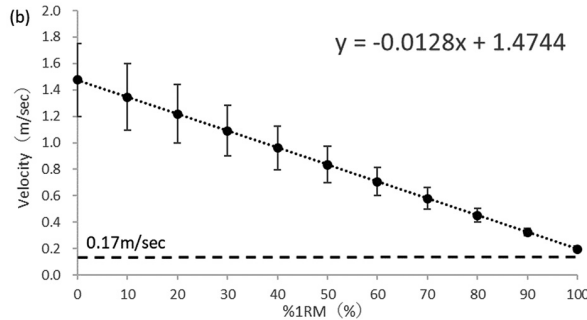
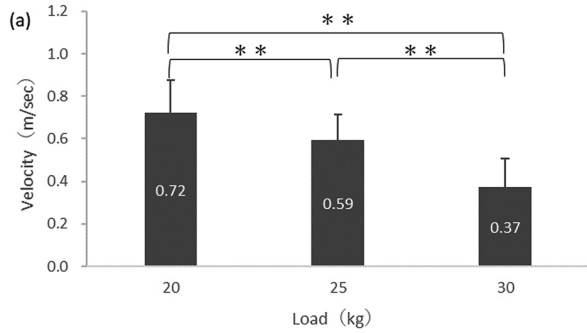


Fig. 10. The relationship between load and mean velocity in Bench press. (a) mean (b) LVP

挙上速度は3回目の挙上速度と比較して有意に高い挙上速度であった ( $p < 0.01$ )。ROMは  $56.79 \pm 12.64$  cm であり3条件間で有意な差はなかった。LVPにおいて、推定最大挙上速度は  $2.20 \pm 0.26$  であり、傾きは  $-0.0197$  であった (Fig. 12ab)。

#### 10) 種目別負荷—速度プロフィール

種目別に見た% 1RM と挙上速度の対応表を Table 1 に示した。

#### 考察

##### 1) 負荷と挙上速度の関係

VBT 理論<sup>2)</sup>に基づけば本来、負荷が軽くなれば挙上速度も増加するはずだが、本研究においては、6種目(クリーン、プッシュプレス、スクワット、デッドリフト、ベンチプレス、ミリタリープレス)のみ3段階全ての負荷に対する挙上速度の有意差が認められた。それ以外の3種目では、スナッチの軽—中負荷、ヒップスラストの軽—高負荷と中—高負荷、ベントオーバーロウの軽—中負荷に有意差が認められなかった。

クイックリフトと呼ばれるスナッチやクリーン、プッシュプレスのような全身パワー種目はバレーボールのような爆発的筋力を発揮する競技にとって重要なトレーニングであるが<sup>1, 7)</sup>、軽負荷を高速で挙上させ身体を短時間で大きく移動させる能力(筋収縮速度およびRFD)が

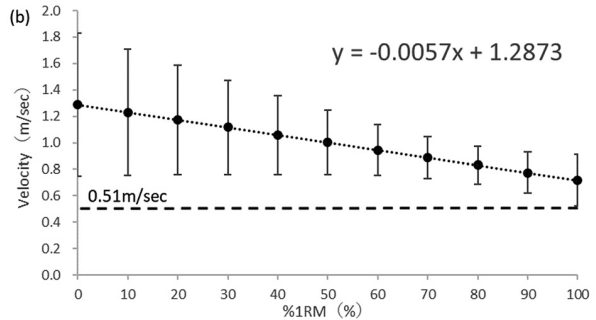
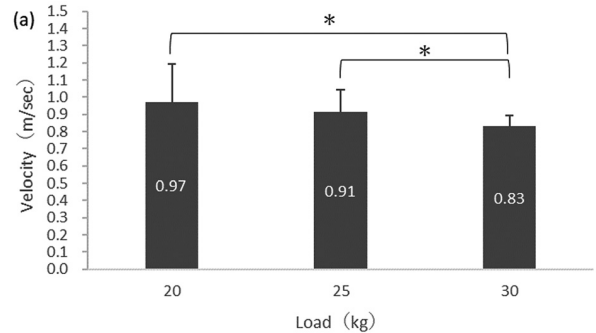


Fig. 11. The relationship between load and mean velocity in Bent-over row. (a) mean (b) LVP

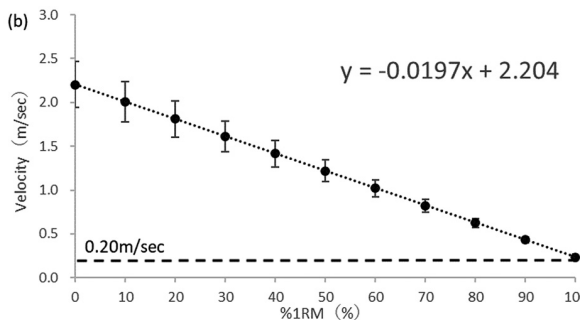
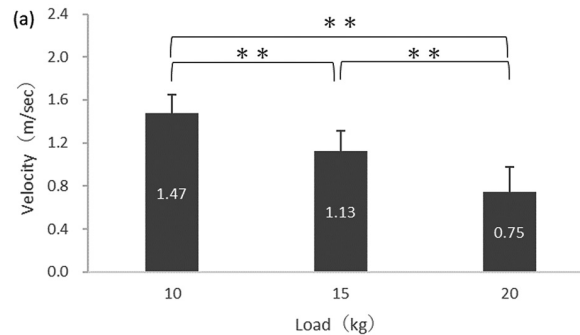


Fig. 12. The relationship between load and mean velocity in Military press. (a) mean (b) LVP

本研究の対象者のスナッチ種目では適切に刺激されていなかった可能性が考えられる。

下半身の筋群に主な刺激が入るスクワットやデッドリフト、ヒップスラストでは、ヒップスラストのみ軽負荷と高負荷の挙上速度に有意差が認められなかった。3条

Table 1. Load-Velocity Profile characteristics of exercise

%1RM (%)	① Snatch (m/sec)	② Clean (m/sec)	③ Push Press (m/sec)	④ Squat (m/sec)	⑤ Deadlift (m/sec)	⑥ Hip thrusters (m/sec)	⑦ Bench press (m/sec)	⑧ Bent-over row (m/sec)	⑨ Military press (m/sec)
100	1.86±0.07	1.83±0.05	1.85±0.07	0.35±0.02	0.29±0.05	0.39±0.10	0.20±0.02	0.72±0.19	0.23±0.04
90	2.09±0.12	1.95±0.03	1.96±0.07	0.43±0.03	0.36±0.05	0.42±0.09	0.32±0.03	0.77±0.16	0.43±0.04
80	2.33±0.20	2.07±0.06	2.08±0.09	0.51±0.07	0.44±0.06	0.44±0.10	0.45±0.05	0.83±0.14	0.63±0.05
70	2.56±0.29	2.19±0.10	2.19±0.12	0.60±0.11	0.51±0.08	0.46±0.12	0.58±0.08	0.89±0.16	0.82±0.07
60	2.80±0.37	2.30±0.15	2.30±0.17	0.68±0.15	0.58±0.10	0.49±0.15	0.71±0.11	0.95±0.19	1.02±0.10
50	3.04±0.46	2.42±0.20	2.42±0.21	0.76±0.19	0.66±0.13	0.51±0.18	0.84±0.14	1.00±0.24	1.22±0.12
40	3.27±0.55	2.54±0.25	2.53±0.25	0.85±0.23	0.73±0.15	0.53±0.21	0.96±0.16	1.06±0.30	1.42±0.15
30	3.51±0.64	2.66±0.30	2.65±0.30	0.93±0.27	0.81±0.18	0.56±0.25	1.09±0.19	1.12±0.36	1.61±0.18
20	3.74±0.73	2.78±0.35	2.76±0.35	1.01±0.31	0.88±0.21	0.58±0.29	1.22±0.22	1.17±0.42	1.81±0.20
10	3.98±0.82	2.89±0.40	2.88±0.39	1.09±0.35	0.95±0.24	0.60±0.33	1.35±0.25	1.23±0.48	2.01±0.23
0	4.21±0.90	3.01±0.44	2.99±0.44	1.18±0.39	1.03±0.27	0.63±0.36	1.47±0.28	1.29±0.54	2.20±0.26

件間でROMの有意差も認められなかったため、臀筋群や大腿後面筋群の軽負荷時の爆発的筋力発揮能力（運動単位の動員数や発火頻度）がこれまでのトレーニングで適切に刺激されていなかったかもしくは、高速で挙上させることへの意識レベルが低かったことが原因であると考えられる。長谷川（2021）は高速で挙上させることに対する選手自身の意識的な慣れも必要であることを報告しており<sup>2)</sup>、今回の測定に関しても軽負荷を高速で挙上させるという動作自体が選手たちにとって不慣れで難しい動作であった可能性がある。これらの結果からバレーボール競技中においても下肢後面筋群を爆発的に収縮させることが出来ておらず、ブロックの動き出しなどで素早く動作することが出来ていなかった可能性が考えられる。

上半身の筋群に主な刺激が入るベンチプレスやベントオーバーロウ、ミリタリープレスでは、ベントオーバーロウのみ軽負荷と中負荷の挙上速度の間に有意差が認められなかった。これは他の2種目と違い、上肢に加え背筋群の関与が増加したことによって起こった現象であると考えられる。ベンチプレスやミリタリープレスといった上肢を前面もしくは垂直方向へ動かす動作はバレーボール競技特有のトス動作やブロック動作、スパイク動作と類似している。また、コート練習時でも9mトスなどボールを最大努力・最大動作範囲で瞬間的に遠くへ飛ばす練習を継続的に行っているためそのトレーニング効果がこの2種目の低負荷高速挙上動作に良い影響を与えていた可能性が考えられる。しかしベントオーバーロウのような背筋群を引く動作を最大努力・最大動作範囲で実施している選手は一部のスパイクしか見られなかったためコート練習時のトレーニング効果は一様ではなく、チーム全体の結果としては低い値となり、選手間の差も大きくなったと考えられる。佐藤（2021）は肩甲骨

を寄せることは効率的なスパイク動作、肩や腰部の障害予防・再発予防に効果的であるとしており<sup>8)</sup>、NECレッドロケッツの一関ら（2021）も広背筋は動きの起点となり推進力に直結するためスパイクやオーバーハンドパスの力強さや、空中でのボディバランスの保持、腰痛予防にも効果的であるとしている<sup>9)</sup>ため、今後のパフォーマンス向上のためにより強化していく必要があると考えられる。

デッドリフトのROMのみ軽一高負荷、中一高負荷で有意差が認められたが、これは高重量により挙上動作時の股関節と膝関節が最大伸展までいかず、それにより挙上動作範囲が狭まり筋収縮する距離も短くなり挙上速度の低下に影響したと考えられる。

従来のウェイトトレーニングでは挙上速度を意識していないため負荷にかかわらず一定の速度でトレーニングを実施している。そのため基本的な筋肥大や筋力向上はしても軽負荷での神経系の刺激が不足し軽い負荷での動作速度が効果的に向上していないことが報告されている<sup>2)</sup>。また、挙上速度が40%低下するまで継続させるウェイトトレーニングでは速筋であるType2線維に発現するミオシン重鎖IIxが減少することも報告されている<sup>10)</sup>ことから、これまで実施してきた従来のウェイトトレーニングが遅筋化を促進していた可能性も考えられる。これらの報告から、バレーボール競技でより短時間で大きな床反力を生み出し高く跳ぶ能力を向上させるためには従来のウェイトトレーニングだけではなく、VBTデバイスを活用した速度重視型トレーニングも実施し、運動単位の増加、発火頻度の増加、遅筋化の防止に取り組む必要があることが示唆された。しかし、各トレーニング種目によって挙上速度が違うのと個人間によっても大きな差があるため、既存の推奨1RM挙上速度やチームの平均LVPを元にトレーニングプログラムを立案し

でも最大の効果は出せないであろう。選手個々のトレーニング効果を最大に引き出すにはやはり 1RM を実測し、個別の LVP を作成する必要がある。

## 6. 結語

本研究は、従来のウェイトトレーニングが女子バレーボール選手の挙上速度にどのような影響を与えているのかを VBT デバイスの測定から検討した。ウェイトトレーニング負荷が軽負荷になるほど挙上速度の値は増加しなくなり、選手間の挙上速度にも差が表れるため、従来のウェイトトレーニングでは軽負荷での爆発的筋力向上に対して効果が低いことが示唆された。

## 謝辞

本稿を執筆するにあたり、ご配慮いただいた星槎道都大学図書紀要及び情報委員会の皆様に感謝申し上げます。そして本研究に協力して頂いた星槎道都大学女子バレーボール部の選手達に感謝申し上げます。

## 引用文献及び参考文献

- 1) Allen Hedrick (2007) バレーボールで高度なパフォーマンスを発揮するためのトレーニング. *Strength & Conditioning*. 14(1) : 38-52.
- 2) 長谷川裕 (2021) VBT トレーニングの効果は「速度」が決める. 草思社.
- 3) 永田聡典 (2022) 挙上速度を積極的に活用したレジスタンストレーニングの最適化. *トレーニング科学*. 34(3) : 187-193.
- 4) 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) <<https://www.jpnsport.go.jp/hpsc/study/history/tabid/1699/Default.aspx>> (参照 2023-1-6)
- 5) Vladimir M. Zatsiorsky, William J. Kraemer, 高松薫, 関子浩二 (2009) 筋力トレーニングの理論と実践. 大修館書店.
- 6) VITRUVÉ FAQ. エスアンドシー株式会社. <<https://system5-site-one.ssl-link.jp/sandcplanning/uploads/solution/62/61a0399bb3fa962.pdf>> (参照 2023-1-6)
- 7) NPO 法人日本トレーニング指導者協会 (2009) トレーニング指導者テキスト. 大修館書店.
- 8) 佐藤裕務 (2021) 競技力が上がる体づくり バレーボールのフィジカルトレーニング ベースボール・マガジン社.
- 9) NEC レッドロケッツ (監修) (2021) コツがわかる本 バレーボール 勝利につながる体づくり 競技力向上トレーニング 三松堂株式会社.
- 10) F. Pareja-Blanco, D. Rodríguez-Rosell, L. Sánchez-Medina, J. Sanchis-Moysi, C. Dorado, R. Mora-Custodio, J. M. Yáñez-García, D. Morales-Alamo, I. Pérez-Suárez, J. A. L. Calbet, J. J. González-Badillo (2017) Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 27(7): 724-735.



# Verification of Training Effect Using VBT Devices for Collegiate Female Volleyball Players

AMANO Masato

## Abstract

This study used a linear encoder VBT device (VITRUVÉ) to investigate how conventional weight training affects the lifting speed of female volleyball players. The subjects were eight university female volleyball players. Nine types of training were measured. Significant differences were observed in lifting speed for all three stages of load only in six exercises (Clean, Push press, Squat, Deadlift, Bench press, and Military press). In the other three exercises, no significant difference was observed between light-medium load Snatch, light-high load and medium-high load Hip thrusters, and light-medium load Bent-over row. The lifting speed of light loads was lower than the estimated value, and there was also a difference in lifting speed between athletes. Therefore, conventional weight training was suggested to be less effective in improving explosive muscle strength with light loads.