

Velocity-Based Trainingが最大筋力、跳躍力 およびスプリントタイムに与える影響

The Effect of Velocity-based Training on Maximal Strength,
Vertical Jump and Sprint Time

光 川 眞 壽

要 旨

本研究は Velocity-based training が最大筋力、跳躍力およびスプリントタイムに与える影響を明らかにすることを目的として、文献レビューを行なった。その結果、Velocity-based training は、従来型の Percentage-based training よりも少ないトレーニング量にて 1 回挙上できる最大重量 (1RM) を同程度向上させること、Velocity-based training の方が跳躍高を向上させることが明らかとなった。また、各セットの反復回数を決定する挙上速度の低下率の設定 (Velocity loss cut off : VLC) について検証した結果、50% 1RM~85% 1RM に相当する挙上速度を設定速度にした研究においては、トレーニング量を抑えて最大の向上率を得るという観点から、1RM は VLC を 0 % から 15% の範囲で設定すること、跳躍高に対しては、0 % から 20% の範囲で設定すること、20m スプリントタイムに対しては、5 % から 10% の範囲で設定することが適切であることが明らかとなった。

I. 緒 言

Velocity-based training (VBT) とは、ウエイトトレーニングの際、バーベルに慣性センサーやリアルタイムポジショントランスデューサーを取り付けて挙上速度を測定し、測定結果のフィードバックを受けながらできる限り速い速度にてバーベルを挙上するトレーニング方法である。VBT のプログラムとして、目標とする挙上速度を設定し、その速度を達成できるように負荷を調整し、ある一定の基準値を下回るとそのセットを終える方法 (Velocity loss cut off : VLC) などがある (Weakley ら, 2021 ; 長谷川, 2021)。

これまで、ウエイトトレーニングの代表的な方法として、1 回だけ挙上できる最大重量 (One-repetition maximum : 1RM) を基準として、負荷を 1RM に対するパーセンテージに設定し、決められた反復回数とセット数を実施する方法 (Percentage-based training : PBT) がある。PBT は、最大筋力、筋肥大、パワー、筋持久力の向上を目的とした負荷、反復回数、セット数、動作速度、休息時間等のガイドラインが提示されている (Haff と Triplett, 2018 ; Ratamess ら, 2009)。PBT は設定した反復回数を実施することが原則であり、途中で挙上できなくなった場合は補助を受けて反復回数を達成することもある。PBT における動作速度に関しては、fast (1 秒未満), moderate (1 ~ 2 秒), slow (3 ~ 5 秒) といった動作時間は示されているが (Bompa と Buzzichelli, 2015 ; Ratamess ら, 2009)、

バーベルの挙上速度に関してのガイドラインは示されていない。

2010年にGonzález-BadilloとSánchez-Medinaがベンチプレスを対象に各% 1RMに対する平均挙上速度を計測し、両者には強い相関関係があり再現性が高いこと、6週間のトレーニングによって1RMが向上した後も、その関係性は変わらないことが示された。この研究によって、平均挙上速度が% 1RMに代わる指標となることが明らかとなった。さらに、バーベルの挙上速度を簡易的に測定できる機器が普及し、多くの指導現場においてVBTが広く実施されるようになった。

2016年にはMannが、% 1RMと挙上速度の関係に加えて、トレーニング目的と設定速度のガイドラインを示した。Absolute strengthを高めるためには平均挙上速度が0.5 m/s以下、Accelerative strengthを高めるためには0.5~0.75 m/s、Strength-speedを高めるためには0.75~1.0 m/s、Speed-strengthを高めるためには1.0~1.3 m/sとなる負荷を用いてトレーニングプログラムを組み立てるというガイドラインである。一方、VBTにおいて反復回数を重ねると神経-筋の疲労により挙上速度が低下し（Velocity loss：VL）、目標とする挙上速度の範囲を下回ることが生じる（Sánchez-MedinaとGonzález-Badillo, 2011）。そこでVBTにおいて、VLCの値をどの程度に設定すれば適切なトレーニング効果が得られるのかについて、2017年以降、様々なVLCを用いて1RM、筋肥大、跳躍力およびスプリントタイムに与える影響について検討されている。しかし、これらの研究で用いられている挙上速度とVLCの条件設定は研究間で異なっており、複数の研究の知見を組み合わせるとVLCが1RM、跳躍力およびスプリントタイムに与える影響を議論する必要がある。また、2019年には、PBTとVBTを比較した論文が発表され（Orangeら, 2019）、PBTとVBTのトレーニング効果の違いに関する研究もいくつか報告されている。

そこで本研究は、VBTが1RM、跳躍力およびスプリントタイムに与える影響を明らかにすることを目的として、VBTとPBTを比較した論文やVBTのVLCを検討した論文のレビューを行なった。競技者にとって、ウエイトトレーニングの最終的な目的は、競技パフォーマンスを向上させることにある。本研究により、1RM、跳躍力およびスプリントタイムを向上させるVBTの方法についての新たな知見が生まれ、競技力向上に役立つトレーニング方法を提示できると考えられる。

II. 方法

Velocity-based trainingが跳躍力へ及ぼす影響を検討した論文を抽出するために、学術論文検索サイトであるPubmedおよびScopusにて「Velocity-based training」and「jump」のキーワードにて検索した結果、Pubmed、Scopusともにそれぞれ36本の論文が抽出された（検索日：2021年9月15日）。また、「Velocity-loss」and「training」and「jump」にて検索した結果、Pubmedでは22本、Scopusでは17本の論文が抽出された。Scopusで抽出された17論文は全てPubmedの論文と重複していた。36論文と22論文の計58論文から重複する論文を除くと、42論文となった。

次に、Velocity-based trainingがスプリントタイムへ及ぼす影響を検討した論文を抽出するために、「Velocity-based training」and「sprint」のキーワードにて検索した（検索日：2021年9月15日）。その結果、Pubmedでは27本、Scopusでは25本の論文が抽出された。Scopusの25論文はPubmedから

抽出された論文と全て重複していた。また、「Velocity-loss」 and 「training」 and 「sprint」のキーワードにて検索し、Pubmed から 17 本、Scopus から 13 本の論文が抽出された。Scopus の 13 論文は Pubmed から抽出された論文と全て重複していた。27 論文と 17 論文の計 42 論文から重複する論文を除くと 32 論文となった。

上記の跳躍力に関する 42 論文とスプリントに関する 32 論文の計 74 論文において、重複した論文が 22 本あり、残った論文は 52 本であった。ここから、筆者が 52 論文のアブストラクトを確認し、表 1 にある理由にて計 43 論文を除外した。これにより、VBT と PBT が 1RM、跳躍力およびスプリントタイムに与える影響を比較した論文 3 本、VBT における VLC の違いによるトレーニング効果を比較した論文 6 本を本研究のレビュー論文の対象とした。

表 1. 論文選定における除外理由と除外論文数

除外理由	論文数
VBT等のトレーニングによる急性効果の検証	10
VBTとは関係のない論文	7
スレッドランニングトレーニング検証	4
VBTのピリオダイゼーション検証	4
速度計測機器の検証	3
VBTフィードバック効果の検証	3
スクワット以外のPBTトレーニングにて検証	2
速度計測機器を用いていないVBT検証	2
測定項目に1RM、跳躍力とスプリントタイムがない	2
VBTの動作比較検証	2
4週間以下のトレーニング効果の検証	1
VBTの世代間比較の検証	1
VBTの低酸素下の検証	1
持久系のトレーニングを組み合わせ検証	1
計	43

Ⅲ. 結果および考察

はじめにVBTとPBTのトレーニング効果を比較検討した3論文の結果をまとめ、VBTとPBTとのトレーニング効果の違いについて考察する。次にVBTにおけるVLCの違いを検討した6論文の結果をまとめ、VLCの違いが1RM、跳躍力およびスプリントタイムに与える影響について考察する。

1. VBTとPBTのトレーニング効果

VBTとPBTが1RM、跳躍力およびスプリントタイムに与える影響を表2に示した。

表2. VBTとPBTがIRM、跳躍力およびスプリントタイムに与える影響

著者 (発行年)	群分け (人数)	性別	平均年齢 (歳)	レジスタンス トレーニング 期間 (週)	トレーニング 種目	単上強度 計測器	トレーニング 頻度 (回/週)	トレーニング 強度 (回/期)	VBT設定/実施強度 (m/s)	PBT設定/負荷 (%IRM)	セット数 (セット)	巻上回数 (回)	トレーニング 重量 (%)	IRM (%)	群間差	CMJ 跳躍高 (%)	peak velocity (%)	群間差	スプリントタイム 5m	10m	20m	30m	群間差
Banyardら (2021)	VBT (12)	男性	22.5	2年以上経験有 乗込6ヶ月以上 週1回以上連続 スクワット	Full-depth Free-weight back squats	Linear position transducer (GymAware)	6	3	0.62-0.89	-	5	5	同じ	11.3%↑	NS	-	7.4%↑	VBT > PBT ES 1.2以上	1.16→ 1.09 -6.5%↓	1.90→1.83 -3.8%↓	3.20→3.14 -1.8% NS	-	VBT ↓ > PBT ES 1.2以上
Dorelliら (2020)	VBT (8)	男性	22.8	2年以上経験有 乗込6ヶ月以上 連続	Back squat Bench press Strict overhead press Deadlift その他の補助2種目有 だがVBTではない	Linear position transducer (GymAware)	6	2	先行研究の値を使用 ex) SQ:70%IRM; 0.74-0.88	-	3	2-8	VBT < PBT	9%↑	NS	5%↑	-	VBT > PBT	1.14→ 1.10 -3.3% NS	1.90→1.86 -2.0% NS	3.21→3.18 -0.9% NS	-	-
Orangeら (2019)	VBT (12)	男性 U19 ラグ ビー選手	17	乗込2年経験有	Back squat (parallel squat depth) その他の種目有だが VBTではない	Linear position transducer (GymAware)	7	2	individual load- velocity relationship から算出 60%IRM、80%IRM の値を使用	-	4	5	TUT VBT < PBT	5.8%↑	NS	39.2→41.7 ↑ 6.3%↑	-	NS	1.09→ 1.10 0.8% NS	1.74→ 1.84 5.4%↑	3.09→ 3.13 1.3% NS	4.27→ 4.36 2.1%↑	NS
	PBT (15)									セッション1: 80%IRM セッション2: 60%IRM	4	5		6.6%↑	38.0→39.6 ↑ 4.2%↑	-	1.09→ 1.07 3.7%↑	1.77→ 1.81 2.2%↑	3.01→ 3.10 2.9%↑	4.19→ 4.29 2.3%↑			

CMJ: Counter Movement Jump, ES: Effect Size効果量, NS: 有意差なし, PBT: Percentage-Based Training, TUT: time under tension, VBT: Velocity-Based Training, ↑: 有意に向上, ↓: 有意に低下

1-1. 対象者、トレーニングプログラム

対象者は2つの論文においてレジスタンストレーニング経験がある大学生および成人男性 (Banyardら, 2021; Dorrellら, 2020)、1つの論文はU19のラグビー代表選手であった (Orangeら, 2019)。Orangeら (2019) の研究は、対象者の平均年齢が17歳と他の研究と比べて低いこと、また、試合を行なっているインシーズンにVBTを行っており、VBT以外にも技術的な練習や他のフィジカルトレーニングも並行して行っていた。他の2つの研究結果と比較する際にはこれらの点を考慮する必要がある。

トレーニング種目は、全ての研究においてバックスクワットが含まれていた。各セッションにおける負荷設定、反復回数、セット数については3つの研究で異なっていたがPBTの負荷は59%~95% 1RMの範囲、VBTは59%~95% 1RMに対応した挙上速度であった (図1)。Banyardら (2021) のみ85% 1RM以上の負荷あるいは設定速度が含まれていた (図1)。各セットの挙上回数は2~8回、セット数は3~5セットの範囲であった。PBTおよびVBTの負荷及び設定速度はセッション内では変動型 (Banyardら, 2021; Dorrellら, 2020) と固定型 (Orangeら, 2019) があったが、全ての研究でセッション毎に変動し非線形型の調整を行っていた。トレーニング期間は6~7週間、頻度は週2~3回、セッション数は12~18セッションの範囲であった。

1-2. 1RM

全ての研究において、PBT群とVBT群ともに1RMは約6%~13%の範囲で向上しており、両群の1RM向上率に有意な差は認められていない (表2)。最も1RMの向上率の高かったのはBanyardら (2021) の結果であるが (VBT群: 11.3%, PBT群: 12.5%)、セッション数が18回と最も多く、負荷も唯一85% 1RM以上を使用していたことが影響していたと考えられる。

トレーニング量や筋緊張時間 (Time Under Tension) はPBT群よりもVBT群の方が低値を示している論文が2本あり、VBTはPBTよりも少ないトレーニング量でPBTと同程度の1RM向上効果が得られることが確認されている。したがって、1RM向上という目的とした場合、PBTよりもVBTの方がトレーニング量が少なく疲労を抑えることができるため、VBTを採用した方が良いと考えられる。

1-3. 跳躍力

Dorrellら (2020) およびOrangeら (2019) は、自体重における反動つきの垂直跳び (Counter movement jump: CMJ) の跳躍高を検証し、両研究ともにVBT群は有意に跳躍高が向上した (Dorrellら: +5.0%, Orangeら: +6.3%)。PBT群はDorrellら (2020) の研究において有意な変化は見られなかった (+1.0%)。Banyardら (2021) は30% 1RMの負荷におけるCMJのピーク速度を検証し、VBT群のみ有意に向上し (+7.4%)、PBT群は有意な変化は見られていない (+4.0%)。これらの結果から、垂直方向への跳躍力は、PBTよりもVBTの方がトレーニング効果が高いと考えられる。したがって、垂直方向への跳躍が競技特性として求められる種目においては、PBTよりもVBTを実施

することが推奨される。

1-4. スプリントタイム

スプリントタイムは、Banyardら（2020）とOrangeら（2019）の研究において検証されているが、研究間で一致した見解が得られていない。Banyardら（2020）は、5、10、20mスプリントタイムを計測し、5mと10mのスプリントタイムはVBTにおいて有意に短くなり、両群を比較するとVBTの効果量が高かった。一方、Orangeら（2019）は、5、10、20、30mスプリントタイムを計測し、VBT群は10mと30mのスプリントタイムが、PBTは5、10、20、30m全てのスプリントタイムが有意に遅くなった。前述のようにOrangeら（2019）の研究は、U19のラグビー選手がシーズン中の練習と試合がある中でVBTを実施している。彼らの論文ではスプリントトレーニングや水平方向に負荷をかけるレジスタンストレーニングを実施していなかったことの影響があったと考察しているが、試合期における疲労の蓄積などもスプリントタイムの結果に影響していた可能性がある。

これら2つの研究からスプリントタイムに与えるVBTとPBTの違いについて結論づけることはできないが、次節にて紹介する論文において、VBTによってスプリントタイムが短くなったというデータがいくつかの論文で示されている（表3）。したがって、VBTがスプリントタイムに与える影響については、それらの報告と合わせて次節にて詳細に考察する。

1-5. まとめ

3論文の結果から、週2～3回のバックスクワットのVBTを6～7週間実施した場合、PBTよりも少ないトレーニング量にてPBTと同程度1RMを向上させることができることが明らかとなった。また、垂直跳びの跳躍高やピーク速度はPBTよりもVBTの方が高まることが明らかとなった。これらの結果から1RMや跳躍力を改善するトレーニングとしてPBTよりもVBTが有効であると考えられる。スプリント走に関しては、研究間で一致した見解が得られておらず、PBTとVBTを比較した研究データのさらなる蓄積が必要といえる。

2. VBTにおける Velocity Loss Cut offの影響

VBTを実施すると、セット内で反復回数を積み重ねるにつれて挙上速度が低下する。この速度低下はVelocity Loss（VL）と定義され、ある一定の挙上速度まで低下した時点で反復を終える方法（Velocity Loss Cut off: VLC）についての研究が進められている。これまでに0%、5%、10%、15%、20%、30%、45%のVLCについて検討されている。本節ではこれらの結果を整理して、各VLCの設定が1RM、跳躍力およびスプリントタイムに与える影響について考察する。

表2に抽出した6論文の結果を示した。

表 3. VBT における VLC が 1PBT が 1RM、跳躍力およびスプリントタイムに与える影響

著者 (発行年)	群分け (人数)	性別	平均年齢 (歳)	トレーニング歴 (週)	トレーニング歴 (年)	トレーニング機 (マシーナ)	機上速度計装置 (センサー)	速度/加速度 (m/s)	負荷 (%1RM)	セット数	1レングス量 (レ)	1RM (kg)	群間差	CMJ 跳躍高 (cm)	群間差	スプリントタイム (秒) 10m	群間差	スプリントタイム (秒) 20m	群間差	スプリントタイム (秒) 30m	群間差
Gallano (2020)	VL5 (10)	男性	22.1	22.1	1.5±4年 経験者	Squat Smith machine (full SO)	Linear velocity transducer (↑FORCE)	2 1.11±0.17	50%	3	合計反復回数 VL5: 156.9 VL20: 480.5	97.7±108.2 10.7%↑	NS	34.3±37.5 9.3%↑	NS	3.09±2.94 4.9%↑	NS	3.07±2.96 4.9%↑	NS	3.00±2.89 0.3% NS	NS
Pereira-Ribeiro (2017a)	VL20 (13)	男性	23.9	23.9	過去に1.5±4年 (前1-3回) 経験者	Squat Smith machine (unit the top of the thighs was below the horizontal plane)	Linear velocity transducer (↑FORCE)	2 0.60±0.32	70%~85%	3	1セットあたりの 反復回数 VL20: 239 VL40: 653 VL20 < VL40	97.0±110.2 13.6%↑ 106.5±125.2 18%↑	NS	33.9±36.9 8.8%↑ 40.5±44.2 9.5%↑	NS	3.07±2.96 3.6%↑ 3.00±2.89 0.3% NS	NS	3.07±2.96 3.6%↑ 3.00±2.89 0.3% NS	NS	3.07±2.96 3.6%↑ 3.00±2.89 0.3% NS	NS
Pereira-Ribeiro (2017b)	VL15 (10)	男性	23.8	23.8	インテンズに 部分訓練	Squat Smith machine (unit the top of the thighs was below the horizontal plane)	Linear velocity transducer (↑FORCE)	3 0.62±0.13	50%~70%	2-3	合計反復回数 VL15: 251.2 VL30: 414.6	101.3±110.3↑ 8.9%↑	VL15 > VL30	33.7±35.5 5.3%↑	NS	4.32±4.30% NS	NS	2.99±3.02 -0.9% NS	NS	4.32±4.30% NS	NS
Pereira-Ribeiro (2020)	VL0 (14)	男性	24.1	24.1	過去に1.5±4年 (前1-3回) 経験者	Squat Smith machine (full SO)	Linear velocity transducer (↑FORCE)	2 individual baseline relationshipが 5算出	70%~85%	3	合計反復回数 VL0: 48.6 VL20: 118.5 VL40: 305.6	98.0±119.9 13.7%↑	NS	6.1%↑	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Rodriguez-Bouall (2021)	VL10 (12)	男性	21.9	21.9	1-3年経験者 (前1-3回)	Squat Smith machine (the posterior thighs and calves made contact with each other)	Linear velocity transducer (↑FORCE)	2 0.84±1.08	55%~70%	3	1セットあたりの 反復回数 VL10: 3.8 VL30: 7.2 VL45: 10.4	97.4±118.9 22.7%↑ 96.8±111.7 15.5%↑	NS	38.1±43.8 11.0%↑	NS	1.77±1.71s ns	NS	3.06±2.99 -2.6%↑	NS	10.20±11.14 -1.8%↑	NS
Rodriguez-Bouall (2020)	VL10 (12)	男性	22.8	22.8	1-3年経験者 (前1-3回)	Squat Smith machine (full SO)	Linear velocity transducer (↑FORCE)	2 0.6±0.84	70%~85%	3	1セットあたりの 反復回数 VL10: 2.2 VL30: 5.1	97.4±118.9 22.7%↑ 96.8±111.7 15.5%↑	NS	38.8±41.8 5.9%↑ 30.0±40.8 4.9%↑ 37.7±41.2 9.2%↑	NS	1.75±1.73s ns 1.75±1.75s ns 1.79±1.76s -1.0%↑	NS	3.04±2.98 -1.6%↑ 3.05±3.03 -0.5%↑ 3.08±3.04 -1.0%↑	NS	3.04±2.98 -1.6%↑ 3.05±3.03 -0.5%↑ 3.08±3.04 -1.0%↑	NS
	VL30 (13)	男性	22.2	22.2	1-3年経験者 (前1-3回)	Squat Smith machine (full SO)	Linear velocity transducer (↑FORCE)	2 0.6±0.84	70%~85%	3	1セットあたりの 反復回数 VL10: 2.2 VL30: 5.1	96.6±110.5 14.9%↑	NS	38.4±40.6 5.4%↑	NS	1.75±1.75s 0.7% ns	NS	3.05±3.07 0.4% NS	NS	1.75±1.75s 0.7% ns	NS

CMJ: counter movement jump, NS: 有意差なし, VL: velocity loss, ↑: 有意に向上, ↓: 有意に低下

2-1. 対象者、トレーニングプログラム

対象者は、抽出された6論文のうち5論文においてレジスタンストレーニング経験がある大学生および成人男性（週1回以上を1年間以上）であった。1つの論文では、対象者はプロサッカー選手であり（Pareja-Blancoら, 2017b）、試合を行なっているインシーズンに実験を行い、VBT以外にも技術的な練習、他のフィジカルトレーニングや試合も並行して行っていた。他の研究結果と比較する際にはこれらの点を考慮する必要がある。

トレーニング種目は、全ての研究においてバックスクワットであった。ただし、しゃがむ深さは研究間で異なっており、平行あるいはフルスクワットの姿勢であった。VBTの平均拳上速度の設定は各研究のセッション内では全て同一に設定されていたが、研究間では異なっていた（表3）。セッション毎の設定速度は、Galianoら（2020）を除いて変動して設定しており、線形型にてプログラムされていた（50% 1RM～85% 1RMに相当する平均拳上速度の範囲にて漸増：図1）。セット数は全ての研究において3セットであった。トレーニング期間は6～8週間、頻度は週2～3回、セッション数は14～18セッションの範囲であった。

各研究におけるVLCの設定は、0%から45%の範囲であった。トレーニング期間におけるVBTの設定速度は70% 1RMから85% 1RMに相当する拳上速度へと漸増させた研究が3本、50% 1RMから70% 1RMに相当する拳上速度へと漸増させた研究が1本（Pareja-Blancoら, 2017b）、55% 1RMから70% 1RMに相当する拳上速度へと漸増させた研究が1本（Rodriguez-Rosellら, 2021）、50% 1RMに相当する拳上速度にて固定した論文が1本であった（Galianoら, 2020）。したがって、VLCを10%と設定した研究（VL10）であっても、70% 1RMに相当する拳上速度から10%低下した時点で反復回数を終えた研究と（例えば、Pareja-Blancoら, 2020では拳上回数が3.7回で終了）、55% 1RMに相当する拳上速度から10%低下した時点で反復回数を終えた研究（例えば、Rodriguez-Rosellら, 2021では5.0回で終了）を比較すると、VLCが10%と同一であっても両者の反復回数は同一ではないことは留意する必要がある。後述の考察にてVL10という表記であっても、同一の設定速度ではない研究であることを理解した上で解釈する必要がある。

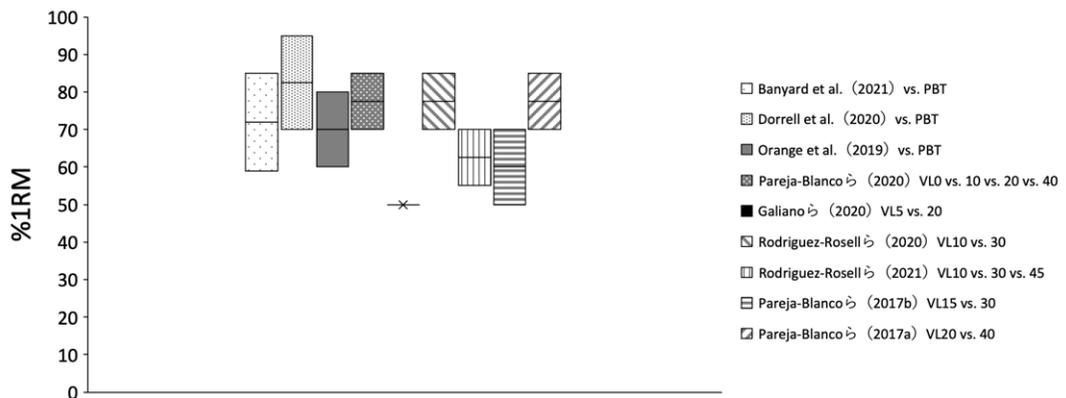


図1. 各研究における負荷（拳上速度）設定

2-2. 1RM

6本の論文の全てのVL群において1RMが向上しており、5本の論文ではVL群の違いによって1RMの向上率に有意な差は見られていない(表3・4)。1RMの向上率は論文間で違いはあるものの、約6%~23%の範囲であった。したがって、VLCの違いによって、1RMの向上率に差が生まれる可能性は低いと考えられる。

一方、トレーニング量という観点では、VLCの数値が小さいほど、1セットあたりの反復回数が少なくなるため、VLCの数値が低い群ほど、少ないトレーニング量で疲労を抑えながら1RMを向上させることができる。また、Pareja-Blancoら(2017b)の報告では、VL15においてVL30よりも1RMが有意に向上しており、少ないトレーニング量においても多いトレーニング量よりも高い効果を得られる可能性も示唆されている。この結果を考慮すると、VLCを30~45%に設定するよりも0%から15%の範囲で設定した方がよいといえる。

ここからは、個々の研究について、詳しく紹介する。Pareja-Blancoら(2017a)は、トレーニング経験のある成人男性24名を対象に、67%~85%1RMに相当する挙上速度に設定し、挙上速度低下が20%(VL20)と40%のトレーニング群に分けて、週2回のスクワットVBTを8週間実施した。トレーニング量はVL40よりもVL20が有意に大きかった。VBTの結果、1RMは両群ともに有意に増加したが(VL20:18.0%, VL40:13.4%)、両群間に有意な差は見られなかった。

Pareja-Blancoら(2017b)は、プロサッカー選手20名を対象として、50%~70%1RMに相当する挙上速度に設定し、VL15とVL30を比較検討した。週3回のスクワットVBTを6週間実施した。その結果、両群ともに有意に増加したが、VL15の方がVL30と比べて有意に増加した(VL15:8.9%, VL30:6.3%)。

Pareja-Blancoら(2020)は、トレーニング経験のある成人男性55名を対象として、70%~85%1RMに相当する挙上速度に設定し、VL0、VL10、VL20、VL40の4群に分けて、週2回のスクワットVBTを8週間実施した。全ての群において、1RMは有意に向上したが(VL0:13.7%, VL10:18.1%, VL20:14.9%, VL40:12.3%)、群間差は見られなかった。特筆すべきはVL0という、反復回数が1~2回のVBTによっても1RMが向上し、統計学的にはVL10、20、40と差がないということである。8週間のトレーニング期間における1セットあたりの平均反復回数を比較とすると、VL0は1回、VL10は3回、VL20は3.5回、VL40は6.4回であった。この反復回数の差があっても効果に差がないことは最大筋力向上を目指した場合、最小限の反復回数でも余計な疲労なく効果的に1RMを向上させる可能性があることを示したデータであると言える。ただし、ウォームアップ試行として、自体重で10回×2セット、20kgで6回、40%1RMで6回、50%1RMで4回、60%1RMで3回実施したのちにVL0~40試行を実施している点は考慮しなければならない。これらのウォームアップ試行に加えて、Session6-16では、70%1RMを2回、さらにSession15-16は80%1RMを1回実施したのちにVL0~40を実施しているため、結果に示された反復回数のみではないことに注意する必要がある。

Galianoら(2020)の報告では、50%1RMに相当する挙上速度に設定し、VL5とVL20を比較検討し、両群ともに有意に向上し(VL5:10.7%, VL20:13.6%)、群間差は認められていない。また、ト

ータルの反復回数は、VL5がVL20の32.6%であったと報告している。この知見はPareja-Blancoら(2020)と同様に3分の1程度少ない反復回数でも1RMが同程度向上することを示している。

Rodriguez-Rosellら(2020)は、70%~85% 1RMに相当する挙上速度に設定し、VL10とVL30を比較検討した。その結果、1RMが両群ともに有意に向上し(VL10:17.9%, VL30:14.9%)、群間差は観察されていない。VL10の1セットあたりの反復回数は2.2回であり、VL30の5.1回に対して43%であった。さらに、Rodriguez-Rosellら(2021)は、55%~70% 1RMに相当する挙上速度に設定し、VL10とVL30にVL45を加えた実験も実施しており、こちらも全ての群において1RMは有意に向上し(VL10:22.5%, VL30:22.7%, VL45:15.5%)、群間差は認められていない。この論文は彼らの2020年の論文と比べて負荷を低く設定しているのが特徴である。これら2つの研究から、設定速度の値が異なっても、VL30よりもVL10の方がトレーニング量を抑えて1RMが向上することが明らかとなった。

ところで、6論文の設定速度の条件を見てみると、85% 1RM以上に相当する速度が設定されていない。これは、85% 1RMを用いた場合、反復回数が6回以下となるので、VLCを適応するのが難しいことが理由の1つとして考えられる。PBTにおいて、最大筋力を高めるためには85% 1RM以上の負荷を用いることが推奨されていることから(HaffとTriplett, 2018)、1RM向上を目的とした場合、VBTにおいても85% 1RM以上の負荷に相当する設定速度を用いた研究も必要となるだろう。

表4. VLCの違いと1RM、CMJおよびスプリントタイムの変化

著者	VL比較群	1RM		CMJ跳躍高		スプリントタイム	
		各群変化	群間比較	各群変化	群間比較	各群変化	群間比較
Pareja-Blancoら(2020)	VL0 vs. 10 vs. 20 vs. 40	全群↑	NS	全群↑	NS	VL10↓、VL0, 20, 40 NS	NS
Galianoら(2020)	VL5 vs. 20	両群↑	NS	両群↑	NS	両群↓	NS
Rodriguez-Rosellら(2020)	VL10 vs. 30	両群↑	NS	両群↑	NS	VL10↓、VL30 NS	VL10 > VL30
Rodriguez-Rosellら(2021)	VL10 vs. 30 vs. 45	全群↑	NS	全群↑	VL10 > VL30, VL45	全群↓	NS
Pareja-Blancoら(2017b)	VL15 vs. 30	両群↑	VL15 > VL30	VL15↑、VL30 NS	VL15 > VL30	両群 NS	NS
Pareja-Blancoら(2017a)	VL20 vs. 40	両群↑	NS	VL20↑、VL40 NS	VL20 > VL40	両群 NS	NS

NS:有意差なし, VL: velocity loss

2-3. 跳躍力

6論文全てのVL群においてCMJの跳躍高が向上している。また、6論文中3論文において跳躍高の向上率に群間差が見られた(Pareja-Blancoら, 2017a; Pareja-Blancoら, 2017b; Rodriguez-Rosellら, 2021)。Pareja-Blancoら(2017a)の報告では、VL20とVL40を比較し、VL40(3.5%)よりもVL20(9.5%)において跳躍高が向上した。Pareja-Blancoら(2017b)では、VL15とVL30を比較し、VL15において高い向上率を示した(VL15:5.3%, VL30:-2.6%)。Rodriguez-Rosellら(2021)では、VL10、VL30およびVL40を比較し、VL10がVL30とVL40よりも高い向上率を示しており(VL10:11.9%, VL30:5.5%, VL40:4.9%)、他の研究と比べても最も高い向上率であった。これらの結果から、より少ないトレーニング量にて跳躍高を高めるVBTとして、VLCの設定は30~40%よりも10~20%の方がよいといえる。

2-4. スプリントタイム

6 論文中 4 論文においてスプリントタイムが有意に短くなった VL 群があった。有意なタイムの改善が見られた VLC は、5 % と 20 % (Galiano ら, 2020)、10 % (Pareja-Blanco ら, 2020)、10 %、30 % および 45 % (Rodriguez-Rosell ら, 2021)、10 % (Rodriguez-Rosell ら, 2020) であった。前項の VBT と PBT 比較で紹介した Banyard ら (2021) と Orange ら (2019) の論文を加えると、8 論文中 5 論文において VBT によりスプリントタイムが短くなっている。したがって、VBT のスクワットトレーニングによって 10~20 m のスプリントタイムが改善する可能性がある。一方、30 m を検討した研究は 2 本あるが両者ともスプリントタイムは改善していない。

どの VLC が良いかという点では、研究数が少ないため結論づけることはできないが、現時点ではトレーニング量が少ない VL10 においても VL30 や VL40 と同等の効果が得られているので、VL10 が良いと考えられる。

2-5. まとめ

6 論文の結果から、1RM に関しては、VCL を 0 % から 45 % の範囲で変化させても向上率に差は見られず、トレーニング量を抑えるという観点から 0 % から 15 % の範囲が適切であると考えられる。跳躍高に関しては、VLC を 30 % から 40 % にした場合に有意な向上が見られなかった研究もあることから、0 % から 20 % の範囲で設定することがよいといえる。20 m スプリントタイムは VLC を 5 % から 10 % に設定した研究では全てタイムが改善していることから、5 % から 10 % の範囲が適切であると考えられる。一方、設定速度に関しては 50 % 1RM~85 % 1RM の範囲において効果が見られているが、どの設定速度とどの VLC の組み合わせが適切か、あるいはトレーニング期間の各セッションにおいてどのように変動させることが効果的かについては今後の検討課題といえる。

IV. 結 論

本研究は Velocity-based training (VBT) が最大筋力、跳躍力およびスプリントタイムに与える影響を明らかにすることを目的として、文献レビューを行なった。その結果、VBT は、Percentage-based training (PBT) よりも少ないトレーニング量にて 1RM を向上させることが示された。また、跳躍力においても PBT よりも VBT の方が有意に向上させる可能性が示された。VBT における Velocity loss cut off (VLC) については、トレーニング量を抑えて最大の向上率を得るという観点から、1RM は VLC を 0 % から 15 % の範囲で設定すること、跳躍高に対しては、0 % から 20 % の範囲で設定すること、20 m スプリントタイムに対しては、5 % から 10 % の範囲で設定することが最も効果的であることが示された。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP21K11395 の助成を受けたものである。

引用文献

- 長谷川 裕 (2021). 『トレーニングの効果は「速度」が決める』 草思社.
- Banyard HG, Tufano JJ, Weakley JJS, Wu S, Jukic I, Nosaka K. (2021). Superior Changes in Jump, Sprint, and Change-of-Direction Performance but Not Maximal Strength Following 6 Weeks of Velocity-Based Training Compared With 1-Repetition-Maximum Percentage-Based Training. *Int J Sports Physiol Perform* 16: 232-242.
- Bompa T and Buzzichelli CA. (2015). Manipulation of training variables, Chapter 8, Periodization training for sports (3rd edition), Champaign, Human Kinetics.
- Dorrell HF, Smith MF, Gee TI. (2020). Comparison of Velocity-Based and Traditional Percentage-Based Loading Methods on Maximal Strength and Power Adaptations. *J Strength Cond Res* 34: 46-53.
- Galiano C, Pareja-Blanco F, Hidalgo de Mora J, Sáez de Villarreal E. (2020). Low-Velocity Loss Induces Similar Strength Gains to Moderate-Velocity Loss During Resistance Training. *J Strength Cond Res*: Online ahead of print.
- González-Badillo JJ, Sánchez-Medina L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *Int J Sports Med* 31: 347-352.
- González-Badillo JJ, Rodríguez-Rosell D, Sánchez-Medina L, Gorostiaga EM, Pareja-Blanco F. (2014). Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training. *Eur J Sport Sci* 14: 772-781.
- Haff G, Triplett NT. (2018). 『ストレングストレーニング&コンディショニング (第4版)』 篠田 邦彦・岡田 純一 監修, ブックハウスHD (原著 2017)
- Nagata A, Doma K, Yamashita D, Hasegawa H, Mori S. (2020). The Effect of Augmented Feedback Type and Frequency on Velocity-Based Training-Induced Adaptation and Retention. *J Strength Cond Res* 34: 3110-3117.
- Orange ST, Metcalfe JW, Robinson A, Applegarth MJ, Liefieith A. (2019). Effects of In-Season Velocity-Versus Percentage-Based Training in Academy Rugby League Players. *Int J Sports Physiol Perform* 30: 1-8.
- Pareja-Blanco F, Rodríguez-Rosell D, Sánchez-Medina L, Sanchis-Moysi J, Dorado C, Mora-Custodio R, Yáñez-García JM, Morales-Alamo D, Pérez-Suárez I, Calbet JAL, González-Badillo JJ. (2017a). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scand J Med Sci Sports* 27: 724-735.
- Pareja-Blanco F, Sánchez-Medina L, Suárez-Arrones L, González-Badillo JJ. (2017b). Effects of Velocity Loss During Resistance Training on Performance in Professional Soccer Players. *Int J Sports Physiol Perform* 12: 512-519.
- Pareja-Blanco F, Alcazar J, Sánchez-Valdepeñas J, Cornejo-Daza PJ, Piqueras-Sanchiz F, Mora-Vela R, Sánchez-Moreno M, Bachero-Mena B, Ortega-Becerra M, Alegre LM. (2020). Velocity Loss as a Critical Variable Determining the Adaptations to Strength Training. *Med Sci Sports Exerc* 52: 1752-1762.
- Randell AD, Cronin JB, Keogh JW, Gill ND, Pedersen MC. (2011). Effect of instantaneous performance feedback during 6 weeks of velocity-based resistance training on sport-specific performance tests. *J Strength Cond Res* 25: 87-93.
- Ratamess NA, Alvar BA, Evetoch TK, et al. (2009). Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 41: 687-708.
- Rodríguez-Rosell D, Yáñez-García JM, Mora-Custodio R, Pareja-Blanco F, Ravelo-García AG, Ribas-Serna J, González-Badillo JJ. (2020). Velocity-based resistance training: impact of velocity loss in the set on neuromuscular performance and hormonal response. *Appl Physiol Nutr Metab* 45: 817-828.

-
- Rodríguez-Rosell D, Yáñez-García JM, Mora-Custodio R, Sánchez-Medina L, Ribas-Serna J, González-Badillo JJ. (2021). Effect of velocity loss during squat training on neuromuscular performance. *Scand J Med Sci Sports* 31: 1621-1635.
- Sánchez-Medina L, González-Badillo JJ. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Med Sci Sports Exerc* 43: 1725-1734.
- Weakley J, Mann B, Banyard H, McLaren S, Scott T, Garcia-Ramos A. Velocity-Based Training: From Theory to Application. (2021). *Strength and Conditioning Journal* 43: 31-49.