HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	筋肥大および筋力増強を目的とした効率的なレジスタンストレーニング法の検証［全文の要約］
Author(s)	柴田, 啓介
Description	この博士論文全文の閲覧方法については、以下のサイトをご参照ください。 https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(教育学)
Dissertation Number	甲第13624号
Issue Date	2019-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/74602
Type	doctoral thesis
File Information	Keisuke_Shibata_summary.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文内容の要約

博士の専攻分野の名称 博士（教育学） 氏名　柴田　啓介

学位論文題名　「筋肥大および筋力増強を目的とした効率的なレジスタンストレーニング法の検証」

緒言

スポーツ選手は，試合で最高のパフォーマンスを発揮するために競技練習と並行してレジスタンストレーニングを実施して体づくりに励む必要がある．レジスタンストレーニングの継続的な実施によって，運動能力の向上（Ratamess et al., 2004）や傷害リスクの低減（Lauresen et al., 2014）が期待できる．重要な試合の無い期間（準備期）は体づくりに重点を置く期間であり，準備期前半は筋肥大を目的としたトレーニングが行われ，準備期後半は筋力増強を目的としたトレーニングが行われる（Bompa, 2009）．筋肥大のためには最大挙上重量の 67~85%の負荷で 6~12 回の反復をセット間に 1~3 分の休憩を挟みながら 3~6 セット，週当たり 2~3 回の頻度で行うことが推奨され，筋力増強のためには最大挙上重量の 85~100%の負荷で 1~6 回の反復をセット間に 2~5 分の休憩を挟みながら 2~6 セット，週当たり 2~3 回の頻度で行うことが推奨されている（Rhea et al., 2003; Ratamess et al., 2009; Sheppard & Triplett, 2015; Schoenfeld, 2016; Grgic et al., 2017）．

筋肥大を目的としたトレーニングでは，伸張性筋活動の時間を長くすると効果的であると経験的に考えられ広く普及しているものの，その根拠は明確でない．伸張性筋活動の時間を長くすると，その分張力発揮時間が長くなり，疲労困憊の状態に近づく．疲労困憊まで反復する方法はボディビルダーに好まれており，筋肥大に対する効果が高いものと経験的に考えられてきた（Willardson, 2010）．しかしながら，疲労困憊まで反復するトレーニングが筋肥大効果を高め

るか否かは検証されていない．また，疲労困憊まで反復する場合に伸張性筋活動の時間を長くする方法によって筋肥大効果が高まるか明らかでない．レジスタンストレーニングに関する研究では，実際にトレーニングを実施して効果を検討するだけでなく，1 回のトレーニングの後の急性の生理学的応答からトレーニング効果を予想するという手法も用いられる．筋肥大に関係する要因として，機械的張力，筋損傷，代謝ストレスによる血中ホルモン濃度の増加が挙げられている（Schoenfeld, 2010）．そこで，研究 1，2 として疲労困憊まで反復するレジスタンス運動および伸張性筋活動の時間を長くするレジスタンス運動による筋肥大効果を予測するために，運動後の血中ホルモン濃度および筋損傷の程度について検討した．それを踏まえて，研究 3 として疲労困憊まで反復する伸張性筋活動の時間を長くするトレーニング法が筋肥大に及ぼす効果を検証した．

筋力増強を目的としたトレーニングを行う準備期後半の時期は，二部練習や強化試合，合宿などが組まれ，トレーニング頻度が低下する傾向にある．よって，低頻度で効率的に筋力増強をもたらす方法の検討が望まれる．最大挙上重量の 85~100%の負荷で 1~6 回の反復を 2~6 セットという推奨されたトレーニング量のまま，頻度だけを少なくすると，トレーニング量が少ないために筋力増強効果を得られない（Rønnestad et al., 2011）．筋力増強効果はトレーニング量に影響を受けることから，1 回に行うトレーニングの量を高めて週当たりのトレーニング推奨量を満たすことで筋力増強効果を得られる可能性がある．しかし，トレーニング量を増やすと運動後の筋損傷の悪化も伴うことが予想される．筋損傷を有した状態では運動パフォーマンスの低下を招くことから（Twist & Eston, 2007; Highton et al., 2009），トレーニング効果を検討する前に筋損傷の程度を把握する必要がある．そこでまず研究 4 として，レジスタンス運動のセット数の違いが筋損傷に及ぼす影響を確認した．そして，研究 5 に

おいて低頻度で行う筋力増強を目的としたレジスタンストレーニング法の効果を検証した.

研究 1「レジスタンス運動における疲労困憊までの反復が血中ホルモン応答および筋損傷に及ぼす影響」

レジスタンストレーニングの代表的な種目であるスクワット運動において疲労困憊まで反復した場合の血中ホルモン濃度および筋損傷について，疲労困憊まで反復しない場合と総挙上重量を統一して比較することを目的とした．トレーニング経験を有する男子学生 10 名を対象にスクワット運動を行い，運動前後に血中ホルモン濃度および筋損傷を調査した．疲労困憊まで反復する（MF）条件は 3 セット，疲労困憊まで反復しない（NMF）条件は MF 条件での反復回数を 6 セットに分け実施した．両条件ともに負荷は最大挙上重量の 75%(75%1RM)，セット間休憩は 3 分とした．その結果，運動後に MF 条件においてのみ成長ホルモン濃度とコルチゾール濃度が増加した．IGF-1 濃度とテストステロン濃度は条件間で有意差が認められなかった．筋損傷の間接的指標として測定した膝伸展運動の等尺性最大筋力（MVC）は MF 条件において運動前と比較して運動翌日に有意に低下した．以上より，スクワット運動において総挙上重量を統一した場合にも疲労困憊まで反復することで成長ホルモン濃度およびコルチゾール濃度が上昇し軽度の筋損傷が生じることが示された.

研究 2「レジスタンス運動における短縮性筋活動と伸張性筋活動の時間が血中ホルモン応答および筋損傷に及ぼす影響」

疲労困憊まで反復するスクワット運動において，短縮性筋活動と伸張性筋活動の時間の違いが運動後の血中ホルモン濃度および筋損傷に及ぼす影響を検討した．トレーニング経験を有する男子学生 10 名を対象とし，短縮性筋活動を 2

秒・伸張性筋活動を 4 秒で行う条件（C2/E4）件と，短縮性筋活動を 4 秒・伸張性筋活動を 2 秒で行う条件（C4/E2）でのスクワット運動を，75%1RM の負荷で 3 セット，各セット疲労困憊まで行った．その結果，成長ホルモン濃度は運動後に有意に増加を示したが，条件間に違いは見られなかった．他のホルモンは有意な変化を示さなかった．MVC と筋痛に条件間で差は認められなかった．以上より，スクワット運動の短縮性筋活動と伸張性筋活動の時間を変えても血中ホルモン濃度および筋損傷の程度に差は認められないことが明らかとなった．

研究 3「疲労困憊まで反復するレジスタンストレーニングにおいて伸張性筋活動の時間が筋量および筋力に及ぼす影響」

研究 1 と研究 2 を踏まえて，研究 3 では，疲労困憊まで反復するレジスタンストレーニングにおいて伸張性筋活動の時間の違いが筋肥大に及ぼすトレーニング効果を比較した．大学サッカー部所属の男子学生 22 名が，伸張性筋活動を 4 秒で行う群（C2/E4, n=11）と 2 秒で行う群（C2/E2, n=11）に分けられ，週 2 回 6 週間（全 12 セッション）のトレーニングを行った．トレーニングは，75%1RM の負荷で各セット疲労困憊までの反復を 3 セット，セット間休憩 3 分で行った．その結果，筋横断面積は両群ともにトレーニングによって増加したものの，増加の程度に群間で有意差は認められなかった．筋力増強効果は C2/E2 の方が C2/E4 と比較して高かった．以上より，疲労困憊まで反復するスクワットトレーニングにおいて伸張性筋活動の時間を延長させたプログラムは，筋量に対して高いトレーニング効果を与えないことが明らかとなった．また，筋力に対しては増強効果を妨げる恐れがあることが示された．

研究 4「レジスタンス運動のセット数の違いが筋損傷に及ぼす影響」

レジスタンス運動のトレーニング量（セット数）の違いが筋損傷に及ぼす影響を検討することを目的とした．男子学生 16 名を対象として，レッグエクステンションを 6 セット行う群（6SET）と，12 セット行う群（12SET）に分けられ，90%1RM の負荷でレッグエクステンションを実施した．その結果，MVC に関して時間の主効果のみが認められ，運動後において運動前と比較して有意に低値を示した．1 日後は運動前と比較して有意差が認められなかった．筋痛は，12SET 群においてのみ 1 日後に有意に増加した．以上より，トレーニング量(セット数）の違いが筋損傷に及ぼす影響は非常に小さいものであること，推奨されたトレーニング量よりも多い 12 セットを行う場合にも運動後の筋損傷の程度は低いものであることが明らかとなった．

研究 5「トレーニング量を統一した週 1 回および週 2 回の頻度で行うレジスタンストレーニング法が筋力およびパワーに及ぼす影響」

研究 4 を踏まえて，研究 5 では総挙上重量が同等となるように設定した週 1 回と週 2 回のレジスタンストレーニングが筋力およびパワーに及ぼす効果を比較することを目的とした．トレーニング経験を有する男子学生 14 名を対象に，トレーニング量（総挙上重量）が等しくなるように設定された，週 1 回（1DAY 群）と週 2 回（2DAY 群）のレジスタンストレーニングを 6 週間実施した．トレーニングの負荷は 90%1RM とし，1 回のトレーニングで 1-DAY 群は 8 セット，2-DAY 群は 4 セット行った．その結果，スクワット 1RM およびレッグプレスパワーともにトレーニングによって増加したものの，群間で増加率に差は認められなかった．以上から， 6 週間のトレーニング期間において総挙上重量に差のない週 1 回と週 2 回のトレーニングの間で筋力およびパワーに対するトレーニング効果に違いは認められないことが明らかとなった．

本研究のまとめ

本研究では，スポーツ選手がシーズンを通したからだ作りを行う際に主として行われる，準備期前半に行う筋肥大を目的としたトレーニング法（研究 1, 2, 3）と，準備期後半に行う筋力増強を目的としたトレーニング法（研究 4, 5）のそれぞれについて，より効率的な方法を検証することを目的とした．

準備期前半に行う筋肥大を目的としたトレーニング法においては，疲労困憊まで反復することで同化ホルモンの応答および筋損傷の程度が高まるものの(研究 1)，伸張性筋活動の時間を延長させてもそれらが増大することは認められなかった（研究 2)．トレーニング効果としても，疲労困憊まで反復する場合に伸張性筋活動の時間を延ばしても筋肥大効果は高まらないことが明らかとなった（研究 3)．

準備期後半に行う筋力増強を目的としたトレーニング法では，1 回のトレーニングで行うトレーニング量（セット数）を高めても筋損傷の程度は悪化しないことを確認し（研究 4)，週 1 回という低頻度でも 1 回に行うトレーニング量を高めることで推奨されている週 2 回の頻度でのトレーニングと同等の筋力・パワー増強効果が得られることが明らかとなった（研究 5)．

参考文献

Bompa, T. O, & Haff, G. G. (2009) Training Cycles. In: Periodization: Theory and Methodology of Training. 5th edition, T.O. Bompa and G. G. Haff, eds. Campaign, IL: Human Kinetics, pp. 203 - 234

Grgic, J., Lazinica, B., Mikulic, P., Krieger, J. W., & Schoenfeld, B. J. (2017). The effects of short versus long inter-set rest intervals in resistance training on measures of muscle hypertrophy: A systematic review. European Journal of Sport Science, 17(8), 983-993.

Highton, J. M, Twist, C., & Eston, R. G. (2009) The effects of exercise-induced muscle damage on agility and sprint running performance. Journal of Exercise Science and Fitness, 7, 24-30.

Lauersen, J. B., Bertelsen, D. M., & Andersen, L. B. (2014). The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. British Journal of Sports Medicine, 48(11), 871-877.

Ratamess, N. A., Alvar, B. A., Evetoch, T. E., Housh, T. J., Ben Kibler, W., Kraemer, W. J., & Triplett, N. T. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. Medicine and Science in Sports and Exercise, 41, 687-708.

Rhea, M. R., Alvar, B. A., Burkett, L. N., Ball, S. D. (2003) A meta-analysis to determine the dose response for strength development. Medicine and Science in Sports and Exercise, 35, 456-464.

Rønnestad, B. R., Nymark, B. S., & Raastad, T. (2011). Effects of in-season strength maintenance training frequency in professional soccer players. Journal of Strength and Conditioning Research, 25(10), 2653-2660.

Schoenfeld, B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. Journal of Strength and Conditioning Research, 24(10), 2857-2872.

Schoenfeld, B. J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2016). Effects of resistance training frequency on measures of muscle hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. Sports Medicine, 46(11), 1689-1697.

Sheppard, J. M., & Triplett, T. N. (2015). In: Essentials of Strength training and conditioning. 4th edition, Haff, G. G., & Triplett, N. T. eds, Campaign, IL: Human Kinetics, pp. 439-470.

Twist, C., & Eston, R. G. (2007). The effect of muscle-damaging exercise on maximal intensity cycling and drop jump performance. Journal of Exercise and Science Fitness, 5, 79-87.

Willardson, J. M., Norton, L., & Wilson, G. (2010). Training to failure and

beyond in mainstream resistance exercise programs. Strength and Conditioning Journal, 32(3), 21-29.