

Key Words【休息时间:rest interval、筋肥大:hypertrophy、筋力:strength、代謝応答:metabolic response、筋の適応:muscular adaptation】

セット間の休息の長さがレジスタンスエクササイズのパフォーマンスと筋の適応に及ぼす影響

Effect of Inter-set Rest Interval Length on Resistance Exercise Performance and Muscular Adaptation

Adam M. Gonzalez, Ph.D.

Department of Health Professions, Hofstra University, Hempstead, New York

要約

レジスタンストレーニングには、強度、量、および頻度など、いくつかの変数があるが、その中でも、セット間の休息の長さは広く研究がなされている。本稿では、セット間の休息の長さが、レジスタンスエクササイズのパフォーマンス、ホルモンと代謝の短期的応答、およびトレーニングに対する筋の適応に及ぼす影響について論じる。

序論

セット間の休息时间(RI)とは、セットおよびエクササイズ間に挟む時間のことである。休息に充てる時間の長さは、続けて行なうセットのパフォーマンス、1回のレジスタンスエクササイズに対する代謝、ホルモン、および心臓血管系の短期的応答、ならびにトレーニングに対する筋の適応に有意な影響を及ぼす可能性がある。一般的なガイドラインは、筋力およびパワー

トレーニング(すなわち少レップ)の多関節エクササイズには最低2~3分のRI、単関節エクササイズには1~2分のRIを設けることを推奨しており、また、筋持久力トレーニングでは多くの場合、多レップのセットに短いRI(<2分)を挟むやり方が推奨される(2)。とはいえ、RIの長さは、トレーニングの強度、トレーニングの目標、および体力レベルなど、他の複数の因子に左右されることが多い。そのため最適なRIを明確に定義することは困難であり、またそのようなRIは、全体にあてはまるレベルでは存在しない可能性が考えられる。そこで本レビューでは、ストレングス&コンディショニング(以下S&C)専門職が個々のクライアントに最も適したRIを選択する際の手がかりを提供するため、RIがレジスタンスエクササイズのパフォーマンス、ホルモンと代謝の短期的応答、およびトレーニングに対する筋の適応に及ぼす影響について考察する。

セット間の休息の長さがパフォーマンスに及ぼす影響

短いRIを用いた場合、1回のレジスタンストレーニングで行なわれるレップ数が低下する可能性のあることが、複数の研究によって示されている。例えば、ベンチプレスやバックスクワットなどのコンパウンドエクササイズにおいて、3~5分のRIは2分未満のRIに比べてパフォーマンスの低下が小さいことが明らかになっている(16-18,23,26,27)。具体的には、負荷を一定に保ち(50~90%1RM)、また全セットを失敗するまで(短縮性局面を適切なフォームでそれ以上完了できなくなるまで)実施した場合、セット間に3~5分のRIを挟むと、1~2分のRIに比べて行なえるレップ数が有意に多くなる。例えばRatamessら(17)は、トレーニング経験者の男性において、ベンチプレスの負荷75~85%1RMを3~4セットにわたって維持するには、最低3分のRIが必要であることを明らかにしている。疲労には多くの要

因が関与しているが、運動単位の随意活動に変化をもたらす神経疲労は、RIの影響を受ける可能性がある。例えば、短いRI(<2分)は神経疲労の発生を早める可能性があるのに対し、長いRI(3~5分など)を用いた場合、運動単位の最大随意活動が起こり、トレーニングの強度と量が維持される可能性がある。このことは筋力向上と筋肥大の刺激において最も重要であると考えられる(14,21)。以上のことから、最大筋力の向上と筋肥大がトレーニングの目的である場合、パフォーマンスへの悪影響を抑えるため、また、続けて行なうセットの運動強度を下げなくてはトレーニング目的に沿ったレップ数を維持できなくなるのを避けるため、一般的にセット間とエクササイズ間には2~5分のRIを挟むことが推奨される。

レジスタンスエクササイズに必要なRIの長さは、トレーニング歴と筋力レベルというふたつの重要な因子の影響を受ける可能性があり、そのためトレーニング変数を処方する際は、これらの因子を考慮に入れる。短いRIを用いたトレーニングを継続していると、それに適応した結果、トレーニング強度を維持できるようになる可能性がある(12)。また、筋力の高い人(ピークパワーに基づく評価)は、2分のRIを用いた場合、40% 1RM負荷の8レップ×5セットにわたって発揮パワーを維持できるのに対し、筋力の低い人は発揮パワーを維持するのに最低3分のRIを必要とすることが、研究によって明らかになっている(10)。以上のことから、特定のトレーニング量の達成を目指すアスリートは、最初は長いRIを必要としても、その後の適応により、短いRIでも過度の疲労を生じなくなる可能性がある。

セット間の休息の長さがホルモンと代謝の短期的応答に及ぼす影響

大きな筋量を活性化させ、なおかつ十分な強度で実施されるレジスタンスエクササイズプロトコルが、一過性のホルモンおよび代謝応答を引き起こすことはよく知られている(13)。短いRI(<1.5分)を用いてレジスタンスエクササイズを実施すると、成長ホルモン、テストステロン、およびコルチゾールといった血中ホルモンの一時的な上昇度が、長いRIを用いた場合を上回ることが複数の研究で明らかになっている(4,9,11,25)。しかし一方でAhtiainenら(3)は、10RM負荷のレッグプレスとスクワットのセット間に2分と5分のRIを用いたところ、いずれも成長ホルモン、テストステロン、およびコルチゾールが有意に上昇し、両プロトコル間で有意差は認められなかったと報告している。これら血中ホルモン(成長ホルモンとテストステロン)の一過性の上昇は、筋のタンパク同化にきわめて重要である可能性が先行研究で示唆されているが、その一方、レジスタンスエクササイズ実施後におけるホルモンの一過性の上昇は、エクササイズがもたらす筋肥大に関連していないとする研究結果もある(8)。エクササイズが全身のホルモンに引き起こす変化が、筋のタンパク同化にどのような影響を及ぼすのかが明確になっていないため、短いRIのほうが筋肥大を刺激する効果に優れるという説には疑問が残る。

また短いRIは、代謝ストレスの増加にも関連している。代謝ストレスの増加は、乳酸と水素イオンの蓄積、およびそれに伴うpHの低下という形で生じる(8,11)。Ratamessら(17)は、RIの長さで短期的な代謝応答は反比例の関係にあると報告している。短いRIでは、セット間に十分な回復時間が得

られず、筋内のクレアチンリン酸の補充が間に合わないため、そのままエクササイズを継続すると、解糖系エネルギー供給機構への依存度が高まる。この解糖系のエネルギー供給がもたらす代謝ストレスは、筋肥大適応に何らかの役割を果たしている可能性があるが(20)、それでも代謝産物が蓄積することは、大きな力を発揮する筋活動を繰り返す能力を低下させる可能性がある(1)。

運動直後のホルモンと代謝の変化を根拠に、短いRI(<1.5分)は筋肥大を最大化するとする説には、近年になって疑問が呈されている。McKendryら(15)は、中強度で多量のレジスタンスエクササイズを複数セット、セット間に1分のRIを挟んで実施したところ、エクササイズ後のテストステロンおよび乳酸応答では5分間のRIを取った場合よりも上回ったが、筋タンパク質合成(MPS)および筋内のタンパク同化シグナル伝達の応答は5分のRIに比べて鈍かったと報告している。この研究で注目すべきは、1分のRIにおいて実施されたトレーニングの総量が、5分のRIを有意に下回っていた点である。筋肥大は、レジスタンストレーニングの回を重ねるごとにMPSの増加が積み重なった結果として生じるため、長いRIが長期的により多くの筋タンパク質蓄積を促す可能性が考えられる。また骨格筋の肥大には、ホルモンや代謝の変化以外にも、伸張性の機械的負荷といったメカニズムが寄与することに注意しなくてはならない。重要であるにもかかわらず、これらのメカニズムをRIの操作を通じて直接調査した研究はこれまで実施されていない。

セット間の休息の長さが筋の適応に及ぼす影響

レジスタンスエクササイズの変数を操作することが、骨格筋のリモデリングに影響を及ぼすことは広く知られている。伝統的に、短いRIは筋肥大を目的とするレジスタンストレーニングプログラムに関連づけられ、長いRIは筋力向上を目的とするプログラムに関連づけられている。そして筋肥大系のルーティンは通常、多量で中強度(<85% 1RM)、および短いRI(<90秒)の処方からなり、筋力系のルーティンは通常、少量で高強度(>85% 1RM)、および長いRI(3~5分)の処方からなる。このふたつのトレーニング形式を、レジスタンストレーニング経験者を対象に比較した研究では、両ルーティンとも筋の成長にもたらす効果は同等とみられるが、筋力向上の効果は筋力系トレーニングのほうが上回っている(7)。ただし、両ルーティンのセットで被験者に処方されたトレーニング強度が異なるため、休息時間の違いそれ自体が筋力向上効果の差に繋がったかは疑問である。

先行研究において、RIの操作がエクササイズに伴う筋肥大と筋力向上に及ぼす影響を明確に調査した例は少ない。Schoenfeldら(22)は、トレーニング経験のある若年男性に8週間にわたる全身のレジスタンストレーニングプログラムを実施させたところ、3分のRIを用いたほうが1分のRIに比べて筋力と筋厚の増大効果が高かったことを明らかにしている。同様にBureshら(5)は、トレーニング経験のない若年男性に10週間のレジスタンストレーニングプログラムを実施させたところ、2.5分のRIを用いたほうが1分のRIに比べて腕の筋横断面積の増大効果が高かったと報告している。ただし、筋力

の向上効果に両群で差はなかった。またRobinsonら(19)も、トレーニング経験のある若年男性に5週間のレジスタンストレーニングプログラムを実施させたところ、3分のRIを用いたほうが30秒のRIに比べて筋力の向上効果が高かったことを示している。しかし一方でVillanuevaら(24)は、トレーニング経験のない高齢男性に8週間のレジスタンストレーニングプログラムを実施させたところ、1分のRIを用いたほうが4分のRIに比べて除脂肪体重と最大筋力の増大効果が有意に高かったと報告している。さらに混乱を招くデータとして、トレーニング経験のある若年男性を対象に、異なる長さのRIを比較した他の研究では、筋力(6,28)と筋肥大(3,6)の増大効果に有意差は認められなかった。

以上をまとめると、1件の研究を除いて(24)、短いRIのほうが筋肥大と筋力向上に優れた効果をもたらすとの仮説を支持する先行研究は存在しない。しかし、RIそれ自体の影響とトレーニング量の違いの影響を識別することは困難である。トレーニング総量のような他のトレーニング変数と比べて、RIの操作が筋肥大に及ぼす影響は小さい可能性があるが、トレーニング総量はRIが短いと低下する。

現場への応用

多関節のレジスタンスエクササイズでは、RIの長さが短縮するのに比例してトレーニングの強度と量も低下するとみられる。トレーニングの総量を減らさず、ひいては筋肥大と筋力向上の効果を低下させない程度の回復を得るためには、最低2~3分のRIを設定する必要があると考えられる。一方、補助エクササイズや単関節エクササイズの場合は、より短い1~2分のRIで十

分な可能性がある。また、筋肥大を目的としたトレーニングは、筋力向上を目的としたトレーニングより短いRIを用いるべきとする仮説を、大多数の先行研究は支持していない。それでも、短いRIを用いたトレーニングが促す適応は、最終的に高強度パフォーマンスを長時間行なう能力の向上に繋がるということが明らかになっている。

完全な回復に必要なRIの長さは、トレーニング強度、エクササイズの種類、使用する筋群、エクササイズの実施順序、トレーニング状況、および筋力レベルといった複数の因子によって変化する。さらに、失敗するまで反復しない場合では、失敗するまで反復する場合に比べてセット間に要する回復時間が短い。以上のことから、筋力向上または筋肥大を目的としたトレーニングでは、固定されたRIを処方するよりも、アスリートの心理学的、生理学的準備が整った段階で次のセットを行なうよう推奨するのが賢明である。究極的には、ひとつのピリオダイゼーションモデルに複数のRIを処方して、目指す生理学的適応の達成を図るとよい。RIを含むトレーニング変数の操作方法は、個々のトレーニング目標によって変化する。◆

References

1. Abdessemed D, Duché P, Hautier C, Poumarat G, Bedu M. Effect of recovery duration on muscular power and blood lactate during the bench press exercise. *Int J Sports Med* 20: 368-373, 1999.
2. American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand: Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 41: 687, 2009.
3. Ahtiainen JP, Pakarinen A, Alen M, Kraemer WJ, Hakkinen K. Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: Influence

- on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men. *J Strength Cond Res* 19: 572-582, 2005.
4. Bottaro M, Martins B, Gentil P, Wagner D. Effects of rest duration between sets of resistance training on acute hormonal responses in trained women. *J Sci Med Sport* 12: 73-78, 2009.
 5. Buresh R, Berg K, French J. The effect of resistive exercise rest interval on hormonal response, strength, and hypertrophy with training. *J Strength Cond Res* 23: 62-71, 2009.
 6. de Souza TP Jr, Fleck SJ, Simão R, Dubas JP, Pereira B, de Brito Pacheco EM, da Silva AC, de Oliveira PR. Comparison between constant and decreasing rest intervals: Influence on maximal strength and hypertrophy. *J Strength Cond Res* 24: 1843-1850, 2010.
 7. Gonzalez AM, Hoffman JR, Stout JR, Fukuda DH, Willoughby DS. Intramuscular anabolic signaling and endocrine response following resistance exercise: Implications for muscle hypertrophy. *Sports Med* 46: 671-685, 2016.
 8. Gonzalez AM, Hoffman JR, Stout JR, Fukuda DH, Willoughby DS. Intramuscular anabolic signaling and endocrine response following high volume and high intensity resistance exercise protocols in trained men. *Physiol Rep* 3: e12466, 2015.
 10. Hernández-Davó J, Botella RJ, Sabido R. Influence of strength level on rest interval required during an upper-body power training session. *J Strength Cond Res* 2016 [Epub ahead of print].
 11. Kraemer W, Marchitelli L, Gordon S, Harman E, Dziados J, Mello R, Frykman P, McCurry D, Fleck S. Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *J Appl Physiol* 69: 1442, 1990.
 12. Kraemer W, Noble B, Clark M, Culver B. Physiologic responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods. *Int J Sports Med* 8: 247-252, 1987.
 13. Kraemer WJ, Ratamess NA. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Med* 35: 339-361, 2005.
 14. Mangine G, Hoffman J, Fukuda D, Stout J, Ratamess N. Improving muscle strength and size: The importance of training volume, intensity, and status. *Kinesiology* 47: 131-138, 2015.
 15. McKendry J, Pérez-López A, McLeod M, Luo D, Dent JR, Smeuninx B, Yu J, Taylor AE, Philp A, Breen L. Short inter-set rest blunts resistance exercise-induced increases in myofibrillar protein synthesis and intracellular signalling in young males. *Exp Physiol* 101: 866-882, 2016.
 16. Miranda H, Simão R, Moreira LM, de Souza RA, de Souza JAA, de Salles BF, Willardson J. Effect of rest interval length on the volume completed during upper body resistance exercise. *J Sports Sci Med* 8: 388-392, 2009.
 17. Ratamess NA, Falvo MJ, Mangine GT, Hoffman JR, Faigenbaum AD, Kang J. The effect of rest interval length on metabolic responses to the bench press exercise. *Eur J Appl Physiol* 100: 1-17, 2007.
 18. Richmond SR, Godard MP. The effects of varied rest periods between sets to failure using the bench press in recreationally trained men. *J Strength Cond Res* 18: 846-849, 2004.
 19. Robinson JM, Stone MH, Johnson RL, Penland CM, Warren BJ, Lewis RD. Effects of different weight training exercise/rest intervals on strength, power, and high intensity exercise endurance. *J Strength Cond Res* 9: 216-221, 1995.
 20. Schoenfeld BJ. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. *Sports Med* 43: 179-194, 2013.
 21. Schoenfeld BJ, Ogborn D, Krieger JW. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. *J Sports Sci* 2016 [E-pub ahead of print].
 22. Schoenfeld BJ, Pope ZK, Benik FM, Hester GM, Sellers J, Nooner JL, Schnaiter JA, Bond-Williams KE, Carter AS, Ross CL. Longer inter-set rest periods enhance muscle strength and hypertrophy in resistance-trained men. *J Strength Cond Res* 30: 1805-1812, 2015.
 23. Scudese E, Willardson JM, Simão R, Senna G, de Salles BF, Miranda H. The effect of rest interval length on repetition consistency and perceived exertion during near maximal loaded bench press sets. *J Strength Cond Res* 29: 3079-3083, 2015.
 24. Villanueva MG, Lane CJ, Schroeder ET. Short rest interval lengths between sets optimally enhance body composition and performance with 8 weeks of strength resistance training in older men. *Eur J Appl Physiol* 115: 295-308, 2015.
 25. Villanueva MG, Villanueva MG, Lane CJ, Schroeder ET. Influence of rest interval length on acute testosterone and cortisol responses to volume-load equated total body hypertrophic and strength protocols. *J Strength Cond Res* 26: 2755, 2012.
 26. Willardson JM, Burkett LN. A comparison of 3 different rest intervals on the exercise volume completed during a workout. *J Strength Cond Res* 19: 23-26, 2005.
 27. Willardson JM, Burkett LN. The effect of rest interval length on the sustainability of squat and bench press repetitions. *J Strength Cond Res* 20: 400-403, 2006.
 28. Willardson JM, Burkett LN. The effect of different rest intervals between sets on volume components and strength gains. *J Strength Cond Res* 22: 146-152, 2008.

From *Strength and Conditioning Journal*
Volume 38, Number 6, pages 65-68.

著者紹介



Adam M. Gonzalez:
ニューヨーク州ハムステッド
にあるHofstra Universityの
准教授。