

Contribuições da velocidade de movimento para o treinamento resistido: uma revisão narrativa

Movement velocity contributions to resistance training: a narrative review

Levy Anthony de Oliveira¹ , Fernando Martín-Rivera² , Marzo Edir Da Silva-Grigoletto¹ .

1. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil.

2. Universidade de Valencia, Valencia, Espanha.

RESUMO

Introdução: Para o melhor controle da intensidade no treinamento resistido (TR), a medida da velocidade de movimento (VM) tem ganhado atenção da comunidade científica e dos profissionais de força e condicionamento. **Objetivos:** Primeiramente, analisar desde um ponto de vista crítico os indicadores que servem como referência para a expressão e controle da intensidade no TR. Tais indicadores, advindos do mundo do fisiculturismo têm sido usados há décadas, sem qualquer modificação, para a melhora do rendimento físico de atletas de distintas modalidades esportivas. O segundo objetivo foi descrever uma proposta racional e precisa, para a melhor expressão e controle da intensidade no TR. **Métodos:** Foram selecionados artigos de revisão sistemática com e sem metanálise e ensaios clínicos sobre a medição da VM no TR. **Conclusão:** O monitoramento da VM permite o controle mais preciso da intensidade do TR.

Palavras-chave: Exercício, Medição de Velocidade, Força Muscular.

ABSTRACT

Introduction: Aiming a more effective intensity control in resistance training (RT), the measurement of movement velocity (MV) has gained attention from the scientific community and strength and conditioning professionals. **Objectives:** First, to analyze from a critical point of view the indicators that serve as a reference for the expression and control of intensity in the RT. These indicators created from the world of bodybuilding have been used for decades, without any relevant modification, to improve the physical performance of athletes from different sports. The second objective was to describe a rational and precise proposal for the best determination and control of intensity in the RT. **Methods:** Systematic review articles with and without meta-analysis and clinical trials on the measurement of MV in RT were selected. **Conclusion:** Monitoring MV allows more precise control of the RT intensity.

Key-words: Exercise, Velocity Measurement, Muscle Strength.

Recebido em: 8 de janeiro de 2020; Aceito em: 6 de abril de 2020.

Correspondência: Marzo Edir Da Silva-Grigoletto, Rua Prof. Arício Guimarães Fortes, 321/902, 49037-060 Aracaju SE. medg@ufs.br

Introdução

Um programa de treinamento é uma sequência ou série ordenada de esforços que possuem uma relação de dependência entre si. O desenho de um programa de treinamento de força não é uma tarefa simples. Há interferência de muitos fatores e é necessário conhecer os princípios do treinamento (adaptação, sobrecarga progressiva, individualidade biológica) que regem a segurança e efetividade do treinamento [1,2].

A efetividade de um treinamento de força para um determinado objetivo depende da manipulação das variáveis agudas do treinamento (intensidade, volume, frequência, velocidade de movimento, seleção dos exercícios, intervalo de recuperação entre as séries, etc.) que regem o desenho do programa e determinam o estímulo do treinamento [3]. Estas variáveis podem ser manipuladas de maneiras diferentes para alcançar objetivos diferentes. Assim, a manipulação destas variáveis produzirá o estímulo de treinamento, determinando a magnitude e o tipo de respostas e adaptações fisiológicas, e, conseqüentemente, o efeito do treinamento [1,4,5].

Alguns autores acreditam que o estímulo do treinamento resistido (TR) depende majoritariamente da manipulação de três variáveis: tipo de exercício, volume e intensidade. Uma vez que os exercícios estejam selecionados, a carga de treinamento será composta pelo volume e intensidade do treinamento [3]. Para eles, destas duas variáveis a intensidade é a mais importante, porque determina o volume, mais precisamente, o número de repetições que podem ser realizadas. Além disso, a intensidade do exercício é considerada a variável mais importante para produzir aumentos sobre os níveis de força muscular [1,4-7].

Tradicionalmente, os principais indicadores que servem como referência para o controle da intensidade do TR são: o valor de uma repetição máxima (1RM) e a carga que o indivíduo consegue levantar por um determinado número de vezes (nRM) ou dentro de uma faixa de repetições máximas (por exemplo, 3-6RM). Além de servir para dosar a carga, estes indicadores têm sido usados para avaliar os efeitos do treinamento. Contudo, ainda não há um consenso na literatura científica sobre qual é a melhor forma de expressar a intensidade do TR.

O valor de 1RM representa a carga em kg que um indivíduo consegue levantar em um determinado exercício durante toda amplitude de movimento, uma única vez e sem ajuda externa. Este valor também tem sido reconhecido como um indicador de força dinâmica máxima. Ao utilizar o valor de 1RM, a dose da carga é prescrita em porcentagens, porcentagens de 1RM (%1RM), também chamada de carga relativa, uma vez que a carga absoluta, a carga de 1RM (kg) seja obtida [2].

O valor de nRM, a carga que um indivíduo consegue levantar por um determinado número de vezes ou repetições máximas (12RM) supõe que tal esforço determina a carga relativa. Assim, esta abordagem indica que o esforço necessário para realizar a mesma quantidade de nRM será igual, mesmo que indivíduos levantem cargas diferentes. Desta forma, estes indivíduos estariam treinando na mesma intensidade, com a mesma carga relativa. Esta prática levou ao desenvolvimento de um contínuo, no qual 3RM, com uma determinada carga representava 85% de 1RM, por exemplo.

Os indicadores utilizados como referência para a dosagem da carga no TR citados acima possuem vantagens. Contudo, todos eles possuem desvantagens significativas que foram explanadas abaixo e nenhum destes métodos são totalmente adequados para monitorar precisamente o esforço real que o indivíduo realiza durante o treinamento [3]. A intensidade é uma variável complexa e não pode ser entendida apenas como carga (kg) levantada, mas sim como o grau de esforço empregado du-

rante cada repetição de um determinado exercício. Desta forma, uma solução tem sido estudada, com base na medição da velocidade de movimento (VM) e o principal objetivo desta revisão foi explicar as contribuições que o monitoramento da VM pode dar para melhorar os métodos de TR.

Desvantagens do uso de porcentagens de uma repetição máxima (%1RM) para determinar a intensidade do exercício resistido

A utilização de %1RM para determinar a intensidade do treinamento tem inconvenientes importantes de serem destacados. Em primeiro lugar, por ser executado com cargas máximas, a medição de 1RM gera um alto esforço e está relacionada a um risco aumentado de lesão, principalmente em indivíduos destreinados e sem experiência com TR. Assim nem todas as pessoas podem, e nem devem realizá-lo. Além disso, em tais indivíduos tal medição será imprecisa, uma vez que eles são incapazes de expressar sua força máxima real, se é que é possível descobri-la [3,4,8,9].

Em segundo lugar, o valor de 1RM se modifica diariamente, após apenas algumas sessões de treinamento, principalmente em indivíduos que não são altamente treinados. Assim, se for programado um mês de treinamento com base no valor de 1RM, pode ser que em alguns dias este valor seja diferente do que o utilizado para programar o treino. Desta forma, o treinamento pode ser feito acima ou abaixo da intensidade em que foi programado. Para isto não ocorrer, seria necessário realizar o teste de 1RM constantemente para o ajuste adequado das cargas. Contudo, isto interferirá na programação do treinamento, podendo interferir nos objetivos propostos, devido ao alto grau de fadiga gerado, muitas vezes maior do que o próprio treinamento. Além disso, o teste de 1RM demanda muito tempo, sendo impraticável em grandes grupos [3,4].

Em adendo, o valor de 1RM tende a ser diferente em muitos exercícios. Assim, não se pode usar o valor de 1RM de um exercício para o outro. É necessário realizar o teste de 1RM para cada exercício programado no treinamento. Além disso, o esforço que cada %1RM representa é diferente de acordo com o tipo de exercício utilizado. O esforço realizado com uma carga que representa 70% de 1RM em um exercício do levantamento de peso básico, como o supino reto não é o mesmo que um exercício do levantamento de peso olímpico, como o arremesso. Isto ocorre devido a cada exercício possuir sua própria velocidade de 1RM [10,11]. Esta temática será melhor abordada posteriormente.

Desvantagens do uso de n repetições máximas (nRM) para determinar a intensidade do exercício resistido

Para combater os inconvenientes da medição direta do valor de 1RM, métodos indiretos foram criados, como o teste de nRM, para expressar a intensidade do exercício resistido. O teste de nRM mede o número de repetições máximas que podem ser realizadas com uma determinada carga submáxima, por exemplo, 8RM (refere-se a uma carga que pode ser levantada somente oito vezes) [6]. Com isto, em alguns estudos científicos foi estabelecido um contínuo de RM que representam determinadas %1RM e equações de regressão para predizer o valor de 1RM também foram criadas [4,7,9,12]. Além disso, foi encontrado que algumas adaptações podem ser alcançadas usando faixas específicas de RM (exemplo: 1-6 RM para desenvolver força pura e 8-12 RM para hipertrofia muscular) [4,5,13]. Este método, de fato, elimina a necessidade

de realizar a medição direta do valor de 1RM. Contudo, também possui importantes desvantagens [4].

Em primeiro lugar, apesar de que cada %1RM possui um determinado número médio de repetições máximas com que se pode realizar, este número é bastante diferente de indivíduo para indivíduo. Devido a esta alta variabilidade inter-sujeito, realizar o mesmo número de RM com uma determinada carga não significa que a intensidade ou carga relativa seja a mesma [14,15]. Desta forma, 10RM pode representar 70% de 1RM para um indivíduo, mas para outro pode representar 75% de 1RM. Assim, uma mesma %1RM nem sempre poderá ser realizada com um mesmo número de repetições em todos os indivíduos e nem em todos os exercícios, de modo que se 10RM for prescrito para os mesmos indivíduos, com o intuito de programar uma carga relativa de 75% de 1RM é possível que cada indivíduo esteja utilizando uma carga relativa diferente, e, conseqüentemente recebendo um estímulo distinto [16].

Em segundo lugar, para utilizar este método é preciso treinar próximo ou até a falha muscular. Contudo, estudos científicos têm demonstrado que treinar até a falha não induz maiores ganhos sobre as manifestações de força muscular e pode atrapalhar a programação do treinamento ao gerar um grau de fadiga mecânica e metabólica excessiva para as sessões de treinamento subsequentes [4,17–23]. Além disso, uma vez que as séries no treinamento até a falha são executadas em velocidades muito lentas, isto pode causar uma transição de fibras musculares rápidas, do tipo II, para fibras mais lentas (tipo I), impactando na capacidade de produção de força explosiva [6]. Outro problema é que se a carga for programada com múltiplas séries de 10RM, por exemplo, deve-se realizar 10 repetições em cada série. No entanto, se três séries forem programadas é muito provável que na segunda e terceira série não se alcancem as mesmas 10RM alcançadas durante a primeira série, mesmo com intervalos de descanso altos, como cinco minutos [24] (Figura 1).

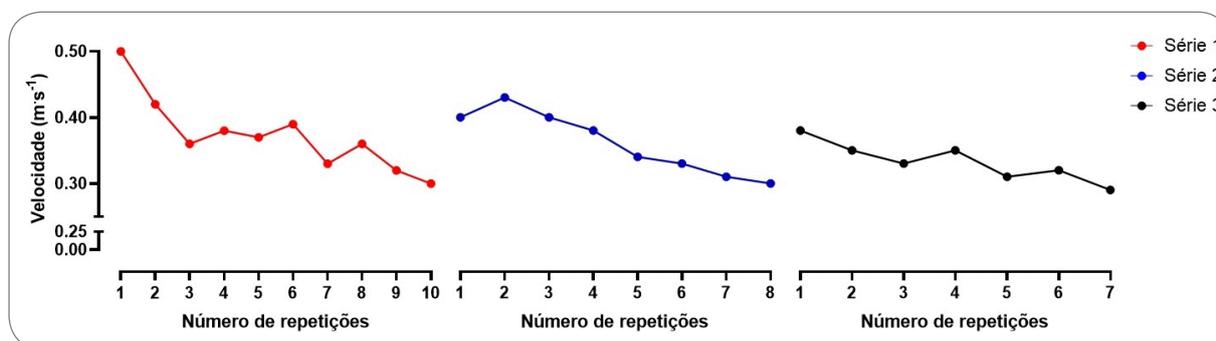


Figura 1 - Exemplo real da perda de velocidade de execução de um indivíduo ao longo de três séries até a falha muscular durante o agachamento paralelo com a carga representativa de 10 RM (intervalos de descanso entre as séries de 5 min). Cada círculo representa uma repetição e a velocidade média propulsiva com que foi realizada. Dado não publicado do nosso grupo. Figura baseada no livro de González Badillo *et al.* [38].

Por último, a fadiga desenvolvida durante o treinamento até a falha não só reduz significativamente a capacidade de produção de força muscular, como também a habilidade do sistema nervoso de ativar a musculatura esquelética voluntariamente [3,25]. Isto pode causar efeitos negativos sobre a capacidade de produzir força num menor tempo, de forma mais rápida e potente, sendo indesejado, principalmente para praticantes de modalidades esportivas com maior caráter de potência [3,26]. Desta maneira, mesmo com o desenvolvimento de métodos indiretos, o treinador continua sem saber a intensidade real do exercício, podendo programar e acreditar que uma determinada intensidade (%1RM) seja responsável por determinada adaptação,

quando, na verdade, a intensidade programada não foi a intensidade real realizada durante as sessões de treinamento. Assim, devido às razões expostas acima, tanto o valor de 1RM quanto o de nRM trazem desvantagens cruciais para a determinação e expressão da intensidade do exercício resistido, de tal maneira que não é possível controlar precisamente o real esforço incorrido durante o exercício resistido.

VM como determinante da intensidade do exercício resistido

Para solucionar os problemas expostos acima sobre o controle e expressão da intensidade do exercício resistido, uma linha de pesquisa científica tem sido desenvolvida. Foi descoberto que a velocidade de execução é a melhor forma de determinar a intensidade do exercício resistido [3,4,27–31]. Nestes estudos foi evidenciado uma relação forte, quase que perfeita entre a carga relativa (%1RM) e a VM em muitos exercícios resistidos [11,32–34]. Desta forma, ao medir a VM é possível estimar precisamente qual a %1RM que uma determinada carga (kg) representa desde a primeira repetição realizada à máxima velocidade possível durante um exercício resistido.

Os benefícios que o monitoramento da velocidade de execução pode trazer para a programação do TR foram reportados em 1991 por Juan José González-Badillo [35]. Contudo, o primeiro estudo científico a verificar a relação carga relativa-velocidade de execução durante o exercício resistido foi publicado somente em 2010 [4]. Isto ocorreu porque durante este tempo não era possível medir a VM com precisão durante exercícios resistidos de caráter isoinercial. Hoje em dia, diversos instrumentos têm sido validados para a medição da VM durante o exercício resistido [36]. Dentre eles, os transdutores lineares de posição e de velocidade têm sido mais utilizados [36]. Contudo, acelerômetros, aplicativos de celular e tecnologias vestíveis têm ganhado atenção da comunidade científica e dos profissionais de força e condicionamento, devido ao baixo custo e praticidade [37,38].

Grau de esforço expresso a partir da medição da VM

Atualmente, a VM de cada repetição durante a série de um exercício resistido é a melhor referência para indicar o real esforço desenvolvido pelo praticante durante uma sessão de treinamento [3]. Como mencionado no primeiro parágrafo desta revisão narrativa, programar um treinamento é manipular e controlar uma sucessão de esforços que possuem uma relação de dependência entre si. O termo esforço significa o grau real de demanda em relação às possibilidades atuais de um determinado indivíduo. No treinamento de força, este termo se refere ao número de repetições realizadas (grau real de demanda) em relação ao número máximo de repetições possíveis de serem realizadas (possibilidade atual) com uma determinada carga durante a realização de um exercício resistido. É a relação entre o que foi feito e o que poderia ser feito. Esta relação é denominada de nível, grau ou caráter de esforço [3].

O caráter de esforço é diferente quando se realizam 12 repetições podendo realizar 15 (12), comparado com a realização de todas as repetições possíveis (15), em uma série de um determinado exercício, com uma dada carga, por exemplo [3]. Quanto mais perto do quanto se pode fazer (máximo número de repetições possíveis), maior o nível de esforço, e, conseqüentemente, maior a fadiga gerada pelo exercício. Quanto maior for a dificuldade para realizar as repetições de uma série, maior o grau de esforço.

Contudo, se dois indivíduos realizam uma série com a mesma %1RM (dificuldade) e ambos são capazes de realizar 10RM em tal exercício, mas um realiza três repetições, deixando sete na reserva 3 (10), enquanto que o outro realiza oito, deixando apenas duas repetições na reserva 8 (10), o grau de esforço nunca será o mesmo. O grau de esforço dos dois indivíduos é representado pela perda de velocidade que ambos experimentaram durante a série. Quanto maior a perda de velocidade durante a série, mais próximo este indivíduo estará das 10RM, ou seja, do número máximo de repetições que podem ser realizadas. Quanto mais perto deste número, maior o grau de esforço, e, conseqüentemente, maior a fadiga experimentada durante o exercício. Assim, a solução para a precisa dosagem da intensidade do exercício resistido reside na determinação desse grau de esforço. A partir da medição da VM, podemos defini-lo de maneira precisa, ao conhecer a dificuldade para realizar a primeira repetição de um exercício e a perda de velocidade experimentada até o final da série [3,16,38].

Uma vez que cada %1RM possui sua própria VM em cada exercício resistido, assim que a primeira repetição é realizada é possível determinar a dificuldade que tal carga levantada impõe ao executante. Alguns estudos provaram que esta velocidade é muito estável [4,10]. Ela não se modifica mesmo após melhora da performance (aumento do valor de 1RM) em algumas semanas de treinamento para a mesma pessoa e mesmo entre indivíduos com níveis de força diferentes.

Nos dois estudos citados acima, equações gerais de predição da %1RM, e, conseqüentemente, do valor de 1RM foram criadas. Assim, não seria preciso realizar um teste progressivo com cargas para descobrir a relação carga-velocidade. Ao aplicar estas equações, desde a primeira repetição, seria possível estimar qual a %1RM que a carga levantada representa. Com isto, mesmo que o valor de 1RM se altere a cada dia, a velocidade com cada %1RM é bastante estável. Assim, com o monitoramento da velocidade de execução é possível estimar o real esforço ou a %1RM aplicada em qualquer momento do treinamento.

Nesta abordagem, a velocidade com cada %1RM é tratada como se fosse similar para todos os indivíduos. Contudo, estudos científicos recentes têm mostrado que tal relação é individual e dependente do sexo, sugerindo o uso da relação carga-velocidade de maneira individual para uma prescrição e monitoramento mais preciso da carga de treinamento [39,40].

Além da utilidade do controle da VM para quantificar o treinamento de força, o controle da velocidade pode ser útil para conhecer o grau de fadiga que o indivíduo está atingindo durante o exercício [16], bem como conhecer a orientação, neural e/ou estrutural do trabalho realizado [41]. As diferentes adaptações que ocorrem no corpo humano foram demonstradas ao realizar exercícios com uma perda de velocidade durante a série de repetições de 20% e 40%, sendo a perda de 20% da velocidade mais associada a adaptações neurais e funcionais e a de 40% a mais associada ao ganho de hipertrofia estrutural, após oito semanas de treinamento [41].

Ao conhecer a velocidade de execução de cada uma das repetições que compõem a série, podemos conhecer a proximidade da falha muscular, podendo finalizar a série antes que isso ocorra devido à não recomendação do treinamento até a falha muscular [42]. Da mesma forma, o número de repetições em reserva e o número máximo de repetições podem ser previstos conhecendo a velocidade de execução [43], o que resulta em um controle muito mais preciso do treinamento e em uma diminuição no volume do treinamento [44]. Como, através do conhecimento da velocidade de execução, podemos conhecer o grau de fadiga do atleta durante a série, também podemos conhecer o grau de recuperação alcançado durante o tempo de descanso entre as séries, dessa maneira o tempo de descanso entre as séries pode ser ajustado de uma forma muito melhor [45].

Tabela I - Classificação do esforço que pode ser realizado durante o treinamento resistido.

Caráter de esforço	Repetições realizadas	Exemplos*
Leve ou baixo	Menos do que metade das repetições possíveis	3x4-6 (20), 3x3-4 (14)
Moderado	Por volta da metade das repetições possíveis	3x6-7 (12-14), 3x4-5 (8-10)
Alto	Mais do que metade das repetições possíveis	3x3 (5), 3x4 (7), 3x5-6 (8), 3x8 (12)

*Séries x repetições realizadas (Repetições realizáveis/Repetições máximas). Modificado do livro de Badillo e Serna [46].

Conclusão

As contribuições do monitoramento da VM são marcantes e revolucionárias. Desta forma, a abordagem do TR baseado na velocidade tem ganhado atenção da comunidade científica e dos profissionais de força e condicionamento, uma vez que a dose, o monitoramento e controle da carga de treinamento pode ser realizado de maneira mais precisa do que antes imaginado. O grau de esforço durante o TR pode ser conhecido a qualquer momento, solucionando o problema do controle da dose do treinamento enfrentado pelos profissionais de Educação Física e eliminando os erros metodológicos e possíveis efeitos negativos que a forma tradicional de dosar e controlar a carga, advinda do mundo do fisiculturismo e transferida à prática de outras modalidades esportivas, pode gerar.

Potencial conflito de interesse

Nenhum conflito de interesses com potencial relevante para este artigo foi reportado.

Fontes de financiamento

Não houve fontes de financiamento externas para este estudo.

Vinculação acadêmica

Este estudo não está vinculado a programas de pós-graduação.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Oliveira LA, Da Silva-Grigoletto. Obtenção de dados: Oliveira LA. Análise e interpretação dos dados: Não aplicável. Análise estatística: Não aplicável. Obtenção de financiamento: Não aplicável. Redação do manuscrito: de Oliveira LA, Martín-Rivera F, Da Silva-Grigoletto ME. Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: de Oliveira LA, Martín-Rivera F, Da Silva-Grigoletto ME.

Referências

1. Bird SP, Tarpinning KM, Marino FE. Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. *Sports Med* 2005;35(10):841-51. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535100-00002>
2. Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(4):674-88. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000121945.36635.61>
3. González-Badillo J, Marques M, Sánchez-Medina L. The importance of movement velocity as a measure to control resistance training intensity. *J Hum Kinet* 2011;29A(Special-Issue):15-9.
4. González-Badillo JJ, Sánchez-Medina L. Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *Int J Sports Med* 2010;31(05):347-52. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>

5. Spiering BA, Kraemer WJ, Anderson JM, Armstrong LE, Nindl BC, Volek JS et al. Resistance exercise biology: manipulation of resistance exercise programme variables determines the responses of cellular and molecular signalling pathways. *Sports Med* 2008;38(7):527-40. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838070-00001>
6. Fry AC. The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations: *Sports Med* 2004;34(10):663-79. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434100-00004>
7. Kraemer WJ, Fleck SJ, Deschenes M. Exercise physiology corner: a review factors in exercise prescription of resistance training. *Strength Cond J* 1988;10(5).
8. Braith RW, Graves JE, Leggett SH, Pollock ML. Effect of training on the relationship between maximal and submaximal strength: *Med Sci Sports Exerc* 1993;25(1):132-8. <https://doi.org/10.1249/00005768-199301000-00018>
9. Brzycki M. Strength testing-predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *J Phys Educ Recreat Dance* 1993;64(1):88-90. <https://doi.org/10.1080/07303084.1993.10606684>
10. Sánchez-Medina L, Pallarés J, Pérez C, Morán-Navarro R, González-Badillo J. Estimation of relative load from bar velocity in the full back squat exercise. *Sports Med Int Open* 2017;01(02):E80-8.
11. Sánchez-Medina L, González-Badillo J, Pérez C, Pallarés J. Velocity- and power-load relationships of the bench pull vs. bench press exercises. *Int J Sports Med* 2013;35(03):209-16. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1351252>
12. Hoeger WWK, Hopkins DR, Barette SL, Hale DF. Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: a comparison between untrained and trained males and females. *J Strength Cond Res* 1990;4(2).
13. Campos G, Luecke T, Wendeln H, Toma K, Hagerman F, Murray T, et al. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol* 2002;88(1-2):50-60. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0681-6>
14. Izquierdo M, González-Badillo J, Häkkinen K, Ibañez J, Kraemer W, Altadill A et al. Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetitions to failure during upper and lower extremity muscle actions. *Int J Sports Med* 2006;27(9):718-24. <https://doi.org/10.1055/s-2005-872825>
15. Sakamoto A, Sinclair PJ. Effect of movement velocity on the relationship between training load and the number of repetitions of bench press. *J Strength Cond Res* 2006;20(3):523. <https://doi.org/10.1519/16794.1>
16. González-Badillo JJ, Yañez-García JM, Mora-Custodio R, Rodríguez-Rosell D. Velocity loss as a variable for monitoring resistance exercise. *Int J Sports Med* 2017;38(03):217-25. <https://doi.org/10.1055/s-0042-120324>
17. Drinkwater EJ, Lawton TW, McKenna MJ, Lindsell RP, Hunt PH, Pyne DB. Increased number of forced repetitions does not enhance strength development with resistance training. *J Strength Cond Res* 2007;21(3):841. <https://doi.org/10.1519/R-20666.1>
18. Folland JP. Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training * Commentary. *Br J Sports Med* 2002;36(5):370-3. <https://doi.org/10.1136/bjsm.36.5.370>
19. Izquierdo M, Ibañez J, González-Badillo JJ, Häkkinen K, Ratamess NA, Kraemer WJ, et al. Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. *J Appl Physiol* 2006;100(5):1647-56. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01400.2005>
20. Sampson JA, Groeller H. Is repetition failure critical for the development of muscle hypertrophy and strength?: Failure is not necessary for strength gain. *Scand J Med Sci Sports* 2016;26(4):375-83. <https://doi.org/10.1111/sms.12445>.
21. Stone MH, Chandler TJ, Conley MS, Kramer JB, Stone ME. Training to muscular failure: Is it necessary? *Strength Cond J* 1996;18(3). <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00010>
22. Stone MH, Plisk SS, Stone ME, Schilling BK, O'Bryant HS, Pierce KC. Athletic performance development: volume load---1 set vs. multiple sets, training velocity and training variation. *Strength Cond J* 1998;20(6).
23. Willardson JM, Emmett J, Oliver JA, Bressel E. Effect of short-term failure versus non failure training on lower body muscular endurance. *Int J Sports Physiol Perform* 2008;3(3):279-93.
24. 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* 2004;18(4):846. <https://doi.org/10.1519/14833.1>

25. Häkkinen K. Neuromuscular fatigue and recovery in male and female athletes during heavy resistance exercise. *Int J Sports Med* 1993;14(02):53-9. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021146>
26. Häkkinen K, Kauhanen H. Daily changes in neural activation, force-time and relaxation-time characteristics in athletes during very intense training for one week. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1989;29(4):243-9.
27. Conceição F, Fernandes J, Lewis M, González-Badillo JJ, Jimenez-Reyes P. Movement velocity as a measure of exercise intensity in three lower limb exercises. *J Sports Sci* 2016;34(12):1099-106. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1090010>.
28. Loturco I, Pereira LA, Abad CCC, Gil S, Kitamura K, Kobal R, et al. Using bar velocity to predict maximum dynamic strength in the half-squat exercise. *Int J Sports Physiol Perform* 2016;11(5):697-700. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0316>
29. Marcos-Pardo PJ, González-Hernández JM, García-Ramos A, López-Vivancos A, Jiménez-Reyes P. Movement velocity can be used to estimate the relative load during the bench press and leg press exercises in older women. *Peer J* 2019;7:e7533. <https://doi.org/10.7717/peerj.7533>
30. Pareja-Blanco F, Rodríguez-Rosell D, Sánchez-Medina L, Gorostiaga E, González-Badillo J. Effect of movement velocity during resistance training on neuromuscular performance. *Int J Sports Med* 2014;35(11):916-24. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1363985>.
31. Balsalobre-Fernández C, García-Ramos A, Jiménez-Reyes P. Load-velocity profiling in the military press exercise: Effects of gender and training. *Int J Sports Sci Coach* 2018;13(5):743-50. <https://doi.org/10.1177/1747954117738243>
32. Martínez-Cava A, Morán-Navarro R, Sánchez-Medina L, González-Badillo JJ, Pallarés JG. Velocity- and power-load relationships in the half, parallel and full back squat. *J Sports Sci* 2019;37(10):1088-96. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1544187>
33. Muñoz-López M, Marchante D, Cano-Ruiz MA, Chicharro JL, Balsalobre-Fernández C. Load-, force-, and power-velocity relationships in the prone pull-up exercise. *Int J Sports Physiol Perform* 2017;12(9):1249-55. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0657>
34. González Badillo JJ. Comité Olímpico Español, Federación Española de Halterofilia. Halterofilia. Madrid: Comité Olímpico Español; 1991.
35. Pérez-Castilla A, Piepoli A, Delgado-García G, Garrido-Blanca G, García-Ramos A. Reliability and concurrent validity of seven commercially available devices for the assessment of movement velocity at different intensities during the bench press. *J Strength Cond Res* 2019;33(5):1258-65. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003118>
36. Courel-Ibáñez J, Martínez-Cava A, Morán-Navarro R, Escribano-Peñas P, Chavarren-Cabrero J, González-Badillo JJ et al. Reproducibility and repeatability of five different technologies for bar velocity measurement in resistance training. *Ann Biomed Eng* 2019;47(7):1523-38. <https://doi.org/10.1007/s10439-019-02265-6>
37. McBurnie AJ, Allen KP, Garry M, Martin M, Thomas D, Jones PA et al. The benefits and limitations of predicting one repetition maximum using the load-velocity relationship. *Strength Cond J* 2019;1. <https://doi.org/10.1519/SSC.000000000000496>
38. González Badillo JJ, Sánchez-Medina L, Pareja-Blanco F, Rodríguez-Rosell D. La velocidad de ejecución como referencia para la programación, control y evaluación del entrenamiento de fuerza. Murcia: Ergotech Consulting; 2017.
39. García-Ramos A, Pestaña-Melero FL, Pérez-Castilla A, Rojas FJ, Haff GG. Differences in the load-velocity profile between 4 bench-press variants. *Int J Sports Physiol Perform* 2018;13(3):326-31. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0158>
40. García-Ramos A, Suzovic D, Pérez-Castilla A. The load-velocity profiles of three upper-body pushing exercises in men and women. *Sports Biomech* 2019;12:1-13. <https://doi.org/10.1080/14763141.2019.1597155>
41. Pareja-Blanco F, Rodríguez-Rosell D, Sánchez-Medina L, Sanchis-Moysi J, Dorado C, Mora-Custodio R, et al. Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scand J Med Sci Sports* 2017;27(7):724-35. <https://doi.org/10.1111/sms.12678>
42. Pareja-Blanco F, Rodríguez-Rosell D, Sánchez-Medina L, Ribas-Serna J, López-López C, Mora-Custodio R et al. Acute and delayed response to resistance exercise leading or not leading to muscle failure. *Clin Physiol Funct Imaging* 2017;37(6):630-9. <https://doi.org/10.1111/cpf.12348>.
43. García-Ramos A, Torrejón A, Feriche B, Morales-Artacho AJ, Pérez-Castilla A, Padial P et al. Pre-

- diction of the maximum number of repetitions and repetitions in reserve from barbell velocity. *Int J Sports Physiol Perform* 2018;13(3):353-9. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2017-0302>
44. Pareja-Blanco F, Sánchez-Medina L, Suárez-Arrones L, González-Badillo JJ. Effects of velocity loss during resistance training on performance in professional soccer players. *Int J Sports Physiol Perform* 2017;12(4):512-9. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2016-0170>
45. González-Badillo J, Rodríguez-Rosell D, Sánchez-Medina L, Ribas J, López-López C, Mora-Custodio R et al. Short-term recovery following resistance exercise leading or not to failure. *Int J Sports Med* 2015;37(04):295-304. <http://doi.org/10.1055/s-0035-1564254>
46. González-Badillo J, Serna J. *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. Barcelona: Inde; 2002.