



## EFEITOS AGUDOS E ADAPTAÇÕES NEUROMUSCULARES DECORRENTE DA MANIPULAÇÃO DE VOLUME E DENSIDADE NO TREINAMENTO DE FORÇA.

Acute effects and neuromuscular adaptations to manipulation of volume and density of the resistance training

ISSN: 2178-7514

Vol. 9 | N°. 2 | Ano 2017

Enrico Gori Soares<sup>1</sup>, Charles Ricardo Lopes<sup>1,2</sup>, Paulo Henrique Marchetti<sup>1</sup>

### RESUMO

A manipulação do volume e da densidade no treinamento de força é realizada através do gerenciamento do número de séries realizadas em cada grupamento muscular e como essas séries são alocadas na sessão e na semana de treinamento. A manipulação dessas variáveis altera as respostas agudas e as adaptações crônicas no sistema neuromuscular. Portanto, o objetivo deste trabalho foi revisar os efeitos agudos e adaptações neuromusculares decorrentes da manipulação diária e semanal do volume e densidade no treinamento de força. A combinação da ordem dos exercícios, sistemas de treinamentos e séries realizadas tem demonstrado ser uma estratégia eficiente para aumentar o desempenho e reduzir o tempo da sessão de treinamento. Estudos prévios sugerem que o aumento da sobrecarga pode ser realizado através da manipulação das séries na sessão do treinamento e do número de sessões ao longo da semana. Quanto à frequência de treinamento, a literatura parece ser clara ao sugerir ganhos superiores de força e hipertrofia muscular quando duas a três sessões por grupamento muscular são realizadas na semana. Entretanto, frequências de até 6 sessões na semana para o mesmo grupo muscular podem favorecer o anabolismo muscular. A presente revisão conclui que em uma única sessão de treinamento até 30 séries por grupo muscular podem ser necessárias dependendo do objetivo e da população treinada. O desempenho agudo da sessão (volume absoluto, força e potência) pode ser melhorado por meio de diferentes ordens de exercícios ou sistemas de treinamento quando essas estratégias aumentam o intervalo de recuperação entre séries e exercícios para o mesmo grupamento muscular. Adicionalmente, uma única sessão de treinamento por semana pode manter ou até mesmo aumentar a força e o tamanho muscular.

**Palavras-Chave:** treinamento de força, volume relativo, volume absoluto, sessão de treinamento, frequência semanal.

### ABSTRACT

The manipulation of both volume and density on strength training is performed by managing the number of sets performed by each muscle group, and how its sets can be organized on a single-session and week of training. Its well known that this type of variable manipulation affect the acute effects and chronic adaptations of the neuromuscular system. Therefore, the aim of this work was to review the acute effects, and neuromuscular adaptations of the daily and weekly manipulation of volume and density during the resistance training. The combination of exercise order, training systems, and sets have shown to be an efficient strategy to improve performance and reduce the session time. Previous studies suggested that the progressive overload is attained by increasing the number of sets in a given strength session or by increasing the training frequency. Regarding the training frequency, the literature seems to be clear when suggests superior gains in strength and muscle hypertrophy when performed two to three sessions per week for each muscle group. However, up to 6 strength sessions for the same muscle group might boost muscle anabolism. The present review concludes that in a single session up to 30 sets per muscle group may be required depending on the goal and the population trained. The acute training performance (ie. absolute volume, force and power) may be enhanced by different exercise orders or training systems when its strategies increase the resting interval between sets or exercises for the same muscle group. Additionally, a single session of resistance training at week may be able to maintain or even promote strength and muscle size gains, however, two to three sessions have shown to be superior to promoting such neuromuscular adaptations.

**Keywords:** resistance training, relative volume, absolute volume, training session, training frequency

#### Autor de correspondência

Paulo H. Marchetti, Universidade Metodista de Piracicaba,  
Rodovia do Açúcar Km 156, Bloco 7, Sala 32, Taquaral,  
13400-911 - Piracicaba, SP - Brasil.

E-mail: [pmarchetti@unimep.br](mailto:pmarchetti@unimep.br)

1- Grupo de Pesquisa em Performance Humana, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências do Movimento Humano, Faculdade de Ciências da Saúde (FACIS), UNIMEP, Piracicaba, SP, Brasil.

2- Faculdade Adventista de Hortolândia (UNASP). Hortolândia. São Paulo. Brasil.

## 1. INTRODUÇÃO

O treinamento de força tem demonstrado ser eficiente em adaptar o sistema neuromuscular em diversas populações<sup>(1-3)</sup>. Entretanto, a elaboração de tais programas demanda a correta e individual manipulação das variáveis de treinamento<sup>(4-7)</sup>. O aumento do volume de treinamento através do aumento periódico do número de séries para o mesmo grupo muscular na sessão ou o aumento da frequência semanal de estímulos tem sido as principais formas de atender ao princípio da sobrecarga progressiva sem alterar a capacidade física predominante<sup>(8)</sup>.

Atualmente, um crescente número de estudos tem buscado estabelecer a relação entre o número de séries realizadas em cada grupamento muscular e as consequentes adaptações do sistema neuromuscular<sup>(9-14)</sup>. Foi demonstrado que cada série adicional representa um aumento de ~0,36% no potencial hipertrófico de uma sessão de treino<sup>(9)</sup>. Desta forma, as mais recentes diretrizes orientam a realização de uma a 30 séries por grupo muscular dependendo do nível de aptidão física e da periodização realizada<sup>(5, 15-18)</sup>. Entretanto, a realização de tamanho volume acarreta na

redução aguda do desempenho<sup>(19-21)</sup> da sessão, o que possivelmente pode afetar as adaptações crônicas do sistema neuromuscular. A fim de evitar tal queda, diferentes métodos, sistemas e ordens de exercícios têm sido propostas<sup>(22)</sup>. A manipulação da ordem dos exercícios permite que exercícios para grupamentos musculares sinérgicos sejam realizados separadamente, desta forma aumentando o intervalo entre estímulos. Tais estratégias tem demonstrado melhorar a eficiência do treinamento, ou seja, aumentam a densidade da sessão<sup>(5, 8, 23-26)</sup>.

Por fim, a manipulação da frequência de treinamento do mesmo grupamento muscular pode promover o aumento do volume do treinamento sem comprometer o desempenho da sessão<sup>(1-4, 8, 27-29)</sup>. As evidências sugerem que a realização de duas a três sessões de treinamento otimizam as adaptações neuromusculares quando comparadas à uma sessão<sup>(2, 4, 10, 27, 28, 30, 31)</sup>. Recentemente, Dunkel et al.,<sup>(32)</sup> sugeriram que as sessões menores e mais frequentes maximizam as adaptações neuromusculares devido à manutenção da síntese proteica. Entretanto, as recentes orientações quanto à frequência de treinamento ainda diferem da prática<sup>(18)</sup>. O objetivo desta revisão de literatura

é investigar os efeitos agudos e adaptações neuromusculares decorrentes da manipulação diária e semanal do volume e densidade no treinamento de força.

## 2. METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado a partir de uma revisão bibliográfica. Para tanto, foi realizada uma busca até Janeiro de 2017 nas bases de dados do Google Acadêmico, SciELO, PubMed e Web of Science. A estratégia de busca combinou os termos “treinamento de força”, “musculação”, “treinamento resistido”, “volume”, “volume de treinamento”, “volume absoluto”, “volume relativo”, “densidade”, “densidade de treinamento”, “ordem dos exercícios”, “métodos de treino”, “sistemas de treino”, “frequência semanal”, “rotinas divididas”, “efeitos agudos”, “adaptações crônicas” e “respostas neuromusculares”. Primeiramente as referências foram selecionadas através da relevância dos títulos e resumos com o presente trabalho. Caso fosse selecionado, o texto foi lido na íntegra e uma nova busca foi realizada em suas referências. Para a elaboração do presente texto foram utilizados 38 artigos originais, 28 artigos de

revisão, 7 revisões sistemáticas com meta-análise, 13 livros e um resumo de congresso. As referências encontradas foram publicadas entre os anos de 1988 e 2016.

## 3. REVISÃO DE LITERATURA

A presente revisão foi organizada a fim de investigar os efeitos agudos e adaptações neuromusculares decorrentes da manipulação diária e semanal do volume e densidade no treinamento de força. Para isso, o texto foi organizado nos tópicos: (i) Definição de volume, densidade e frequência semanal no treinamento de força (ii) Efeitos agudos e adaptações neuromusculares da manipulação do volume e densidade na sessão de treinamento e (iii) Efeitos agudos e adaptações neuromusculares da manipulação do volume e densidade semanal do treinamento.

### 3.1. Definição de volume, densidade e frequência semanal no treinamento de força

Frequentemente conceitos e definições são erroneamente aplicados e mal interpretados no contexto prático e em pesquisas do treinamento de força. Tal aplicação errônea de conceitos dificulta a

comunicação entre professores, alunos, atletas, técnicos e cientistas do esporte e impedem a melhora do rendimento atlético e o avanço do conhecimento científico <sup>(33)</sup>. Desta forma, definir claramente os termos chave nesta revisão é de fundamental importância para que seu conteúdo seja compreendido e aplicado de maneira clara e adequada no contexto do treinamento de força.

O volume de treinamento corresponde ao número total de movimentos realizados em um exercício, série, sessão, período de treinamento, ou então a carga total utilizada durante os mesmos. Pode ainda ser avaliada segundo a frequência dos exercícios e a combinação dos mesmos dentro da programação de treinamento <sup>(30)</sup>. Duas definições distintas, entretanto, interpretadas como similares existem referindo-se ao volume de treinamento. Frequentemente calculado para séries, exercícios, sessões e semanas de treinamento o volume relativo refere-se ao produto das séries e repetições (expressa o número total de repetições realizadas no período). Já o volume absoluto leva em consideração a intensidade utilizada, referindo-se ao produto das repetições, séries, e sobrecarga utilizada

(expressa a quantidade total de quilogramas levantados) <sup>(17, 34, 35)</sup>. Adicionalmente, pode ser calculado para cada série, exercício, sessão e semana de treinamento. Portanto, 3 séries de 10RM utilizando 80kgf de sobrecarga no exercício supino reto ou 10 séries de 3RM com 110kg de sobrecarga no mesmo exercício, são exemplos de sessões com o mesmo volume relativo (30 repetições), entretanto, com volume total distintos (2400kg vs. 3300kg, respectivamente). Segundo Chandler e Brown <sup>(8)</sup> o cálculo do volume relativo e absoluto é comumente utilizado na prática e na pesquisa principalmente para o controle da carga de treinamento.

Duas são as possibilidades de manipular o volume relativo e absoluto na sessão de treinamento de força. A primeira delas é através da manipulação do número de repetições realizadas em uma série (ex. 3-5RM, 6-12RM, 15-30RM). Entretanto, devido à relação inversamente proporcional entre volume e intensidade a capacidade alvo treinada também é alterada. Portanto, outra estratégia é a manipulação do número de séries realizadas para cada grupo muscular em uma sessão. Isso pode ser feito manipulando o número de séries

em um exercício ou manipulando o número de exercícios para o mesmo grupo muscular (ex. 3x3-5RM, 6x3-5RM, 9x3-5RM). Essa maneira permite o aumento da carga de treinamento sem alterar a capacidade alvo treinada <sup>(5, 6, 8, 17, 29, 36)</sup>.

Segundo Weineck, <sup>(37)</sup> densidade de treinamento refere-se à relação temporal entre o exercício e recuperação. Sendo assim, no treinamento de força a densidade pode ser calculada pela divisão do volume total ou relativo pelo tempo. Similarmente ao volume de treinamento, a densidade também pode ser calculada para séries, exercícios, sessões e semanas de treinamento (expressa em  $\text{Kg} \cdot \text{h}^{-1}$  ou  $\text{repetições} \cdot \text{h}^{-1}$ ).

Mantendo-se a sobrecarga utilizada constante (ex. 8-10RM), as principais maneiras de alterar a densidade na sessão são: (i) manipular o intervalo entre séries e exercícios na mesma sessão ou (ii) realizar exercícios simultâneos (alterar a ordem dos exercícios). Exemplos frequentemente observados nas sessões de treinamento de força são circuitos, bisets, trisets, séries combinadas entre outros sistemas. Um bom exemplo é a comparação entre o sistema seriado e o sistema de séries

combinadas. O primeiro deles prioriza a realização de todas as séries em um exercício e somente depois do término do primeiro exercício inicia-se o segundo exercício. Já o sistema de séries combinadas, dois exercícios para grupos musculares não sinérgicos são realizados de forma alternada <sup>(6)</sup>.

Outro tópico que merece atenção quanto a sua definição é a frequência de treinamento. Alguns autores <sup>(30,37)</sup> definem frequência de treinamento como o número de sessões de treinamento no dia ou na semana. Entretanto, se adotarmos como exemplo os protocolos de rotinas divididas de dois praticantes (A/B ou A/B/C) em 6 sessões na semana, o primeiro deles treinou 3 sessões para o mesmo grupo muscular, enquanto que o segundo realizou somente duas. Portanto, no treinamento de força, frequência de treinamento é mais bem descrita como o número de vezes que determinados exercícios ou grupos musculares são treinados na semana <sup>(5, 6, 27)</sup>. Segundo Prestes et al., <sup>(7)</sup> e Schoenfeld <sup>(30)</sup> a prescrição da frequência de treinamento é determinada através da estruturação das sessões de treinamento. Tradicionalmente, sessões para o corpo todo empregam exercícios para os principais grupamentos musculares

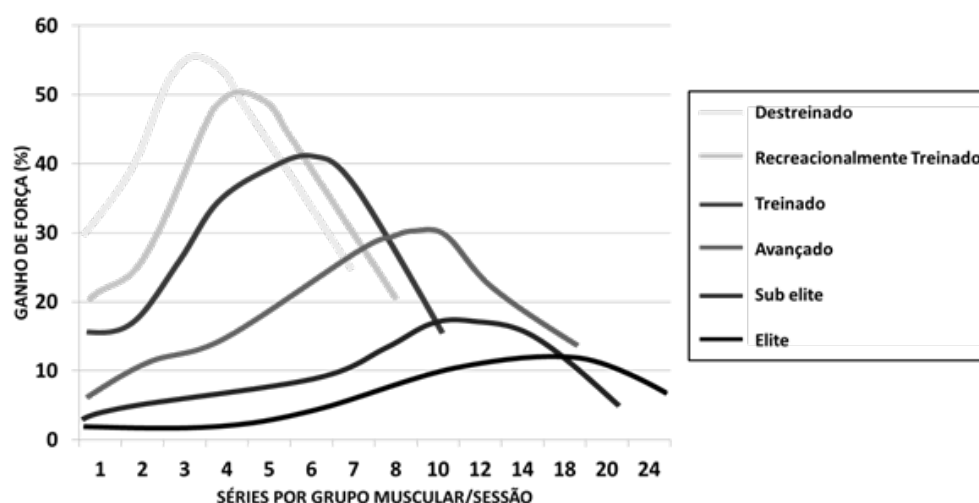
em uma única sessão. Já sessões organizadas para grupos musculares específicos (rotinas divididas) empregam uma série de exercícios para o mesmo grupo muscular. Segundo Hoffman <sup>(38)</sup> as principais diferenças entre os modelos apresentados é a magnitude de especialização presente durante cada sessão e o tempo de recuperação entre sessões para o mesmo grupo muscular. Portanto, quanto maior o número de exercícios e séries para o mesmo grupo muscular maior a especialização da sessão e supostamente maior o tempo de recuperação entre estímulos.

Diversas são as possíveis manipulações do volume, densidade e frequência no treinamento de força. Consequentemente, o efeito agudo e as adaptações neuromusculares diferem entre

estratégias.

### 3.2. Efeitos agudos e adaptações neuromusculares da manipulação do volume e densidade na sessão de treinamento

**Manipulação do Volume na Sessão:** A relação dose-resposta no número de séries executadas para cada grupamento muscular no ganho de força e hipertrofia muscular tem sido alvo de uma série de pesquisas científicas <sup>(9, 11, 13, 14, 18, 39, 40)</sup>. Peterson et al., <sup>(13)</sup> em sua meta-análise propôs um modelo teórico de progressão do número de séries por grupo muscular e seus efeitos no ganho de força de acordo com o nível de treinamento (Figura 1).



**Figura 1.** Continuum teórico da relação dose-resposta do número de séries por grupo muscular na sessão e o ganho de força. Adaptado de Peterson et al., <sup>(13)</sup>.

Neste modelo uma série de informações merece destaque quanto a sua interpretação. Primeiramente, a prescrição do volume de treinamento refere-se ao número de séries por grupo muscular e não de séries por exercício, evitando assim a má interpretação de estudos que descrevem somente o número de séries por exercício. Desta forma, representa uma medida mais apropriada do volume (número de séries realizadas por grupo muscular) em uma sessão de treinamento <sup>(13, 14)</sup>.

Adicionalmente, prescrever o volume de treinamento baseado no número de séries realizadas por grupo muscular facilita a equalização de cargas (quando este for o objetivo) para grupos musculares distintos. Um exemplo frequentemente observado em academias é o fortalecimento desequilibrado entre grupos musculares antagônicos, um cenário considerado fator contribuinte para a

ocorrência de lesões musculoesqueléticas <sup>(41)</sup>.

A tabela 1 exemplifica uma prescrição de treinamento em que ocorre o fortalecimento desequilibrado entre os flexores e extensores do joelho. Possivelmente, tal prescrição em particular ocorre com mais frequência possivelmente pela falsa crença que os exercícios agachamento e leg press apresentem alta solicitação dos isquiotibiais devido à realização da extensão do quadril <sup>(42-44)</sup>. Desta forma, uma das maneiras de corrigir a prescrição da Tabela 1 é adicionar exercícios ou séries específicos para os flexores do joelho. O objetivo é equilibrar o volume de treino entre os extensores e os flexores do joelho.

**Tabela 1:** Exemplo de prescrição em que ocorre o fortalecimento desequilibrado entre extensores e flexores do joelho.

Ordem	Exercício	Séries por exercício	Séries para os extensores do joelho	Séries para os flexores do joelho
1	Agachamento	3	3	
2	Leg Press	3	3	
3	Cadeira Extensora	3	3	
4	Mesa Flexora	3		3
	Número total de séries	12	9	3



Outro ponto importante do modelo proposto por Peterson et al., <sup>(13)</sup> refere-se ao menor ganho de força em programas de séries únicas e/ou baixo número de séries por grupo muscular em todas as populações observadas. Apesar de programas de treinamento de séries únicas demonstrarem aumento da força, a meta análise realizada por Krieger <sup>(12)</sup> demonstrou 48% maior tamanho de efeito no ganho de força nos estudos utilizando séries múltiplas em comparação com aqueles empregando séries únicas. Posteriormente, o mesmo autor demonstrou 40% maior tamanho de efeito na hipertrofia muscular nos estudos utilizando séries múltiplas em comparação com séries únicas <sup>(11)</sup>. Recentemente, Schoenfeld et al., <sup>(9)</sup> demonstraram que a cada série adicional realizada treinamento está associada a um aumento no tamanho do efeito de 0,02 o que corresponde a 0,36% a mais no ganho de massa muscular tanto na população treinada como sedentária. Dito isso, devido às características dose-resposta do volume de treinamento nas adaptações neuromusculares, os protocolos de alto volume tem consistentemente demonstrado maiores adaptações neuromusculares. Portanto, o modelo também suporta o princípio da

sobrecarga progressiva por demonstrar à necessidade constante do aumento no número de séries à medida que o praticante progride <sup>(1-3, 9, 13, 14, 17, 27, 45-47)</sup>. Desta forma, a prescrição do número “ótimo” de séries por grupo muscular deve ser prescrita de acordo com o nível de treinamento do praticante. Assim, a realização demasiada de séries para o mesmo grupo muscular pode levar o praticante à síndrome de overtraining. Neste caso, mais séries não necessariamente significa maior potencial de treinamento.

Outro princípio de treinamento demonstrado é a acomodação da adaptação à medida que o treinamento progride <sup>(37)</sup>. Desta forma, as maiores taxas de aumento na força são observadas em indivíduos destreinados mesmo utilizando protocolos com baixo volume. Isso se deve principalmente às adaptações neurais observadas nos estágios iniciais de treinamento de força <sup>(48-50)</sup>. Acredita-se que além das adaptações neurais, após um período próximo a 8 semanas o aumento na força muscular passa a ser dependente do aumento da área de secção transversa muscular (hipertrofia das fibras musculares) <sup>(15, 48, 49)</sup>. Portanto, para que os ganhos de força continuem a ocorrer (apesar de



acontecerem a uma taxa menor) o treinamento deve periodicamente ser orientado a maximizar os ganhos de hipertrofia <sup>(8, 17, 29, 38, 41)</sup>.

Diferentemente do treinamento para a melhora da força máxima em que as adaptações neurais são determinantes, quando as sessões de treinamento são voltadas para o aumento da massa muscular a intenção principal é recrutar e exaurir o grupo muscular alvo <sup>(15, 17)</sup>, a fim de maximizar as vias de sinalização de síntese proteínas. Assim, a prescrição das variáveis do treinamento de força são orientadas para maximizar os estímulos mecânicos <sup>(51, 52)</sup>, metabólicos <sup>(52, 53)</sup> e hormonais <sup>(52, 54)</sup>, que em combinação são responsáveis pela sinalização da síntese de proteínas. Quanto ao volume, diversas são as recomendações observadas na literatura <sup>(1-3, 5, 11, 15, 16)</sup>, apesar disso algumas delas descrevem o número de séries realizadas por exercício <sup>(1, 3)</sup> e não por grupo muscular, problema destacado anteriormente.

Bloomer e Ives <sup>(15)</sup>, Marchetti e Lopes <sup>(5)</sup>, e Lin <sup>(16)</sup> orientam a realização de 6 a 24 séries e de 6 a 20 séries por grupo muscular a fim de maximizar força máxima e hipertrofia respectivamente. De fato, a literatura reporta recomendações até maiores de número de

séries por grupo muscular para indivíduos altamente treinados com o objetivo principal de hipertrofia muscular <sup>(17, 18)</sup>. Zatsiorsky e Kraemer <sup>(17)</sup> propõem a realização de 20 a 25 séries por grupo muscular. Já Hackett et al., <sup>(18)</sup> demonstraram que fisiculturistas de nível competitivo realizam de 12 a 30 séries em suas rotinas de treinamento.

Tal necessidade de um alto número de séries dificulta a manutenção do desempenho ao longo da sessão de treino e inviabiliza por uma questão de tempo o treinamento do corpo todo em uma única sessão. Portanto, frequentemente os praticantes incorporam estratégias que alteram a densidade da sessão (sistemas e métodos de treinamento) e ou dividem o treinamento em sessões para grupos musculares específicos (rotinas divididas). Essas estratégias e seus efeitos serão discutidos nos tópicos seguintes.

Por fim, apesar das séries múltiplas serem utilizadas na prática <sup>(18)</sup> e terem sido recomendadas pela maioria dos autores <sup>(1-16, 27-30, 34, 36-38, 40, 41, 45, 46, 48, 51-57)</sup> críticas ainda existem quanto a sua utilização <sup>(58, 59)</sup>. As principais críticas (com fundamento) ao modelo segundo Carpinelli <sup>(58)</sup> e Otto <sup>(59)</sup> são a falta de clareza

a respeito de como o número de séries por grupo muscular foi realizado visto que frequentemente os estudos utilizam exercícios multiarticulares, os curtos períodos de tempo utilizado nos estudos (geralmente de 6 a 12 semanas), a utilização de sujeitos destreinados e a grande variabilidade nas respostas de treinamento entre sujeitos. De fato, Hubbal et al.,<sup>(60)</sup> treinaram os flexores do cotovelo de 585 homens e mulheres entre durante 12 semanas. O protocolo de treinamento consistiu de três séries para três exercícios para os flexores do cotovelo (9 séries por grupo muscular) com sobrecargas aumentando de 12 a 6RM e dois minutos de intervalo entre as séries e exercícios. As imagens de ressonância magnética revelaram um ganho aproximado de 18,9% na área de secção transversa (AST) do bíceps braquial. Entretanto, dos 585 sujeitos, 232 deles aumentaram a AST entre 15 e 25%, enquanto que 40 sujeitos aumentaram mais de 40% a AST e 36 dos sujeitos tiveram um ganho menor que 5%. Quanto a força máxima mensurada em 1RM da rosca de bíceps no banco scott o ganho na força variou de 0 a 250% dos valores iniciais. Dos 585 sujeitos, 232 sujeitos aumentaram a força por volta de 40 a 60%, 36

sujeitos ganharam mais de 100% e 12 sujeitos ganharam menos de 5%. Tais resultados mostram claramente a individualidade na resposta ao treinamento, portanto demonstram a extrema complexidade em individualizar o treinamento e a impossibilidade de generalizar resultados. Desta forma, apesar de diversas evidências sugerirem o uso de séries múltiplas nas práticas de treinamento, parece sensato sugerir que mais pesquisas são necessárias acerca deste tópico.

Manipulação da densidade na sessão: Como descrito anteriormente, densidade no treinamento de força é a relação temporal entre exercício, carga e recuperação<sup>(37)</sup>. Portanto, a manipulação da intensidade, volume, intervalo entre séries, exercícios e a ordem em que os exercícios são realizados alteram a densidade da sessão.

É sabido que o aumento do intervalo entre séries e exercícios auxilia a manutenção da intensidade e do volume na sessão<sup>(20, 61-63)</sup>. Entretanto, a utilização de intervalos maiores aumenta o tempo total da sessão de treinamento, o que pode não ser favorável a atletas e praticantes do treinamento de força

com restrições de tempo <sup>(26)</sup>. Adicionalmente, atletas que realizam treinamento de força em sessões de menor duração, terão mais tempo disponível para o treinamento de outras capacidades relacionadas às suas práticas (treinamento técnico/tático). Outra situação que a redução no tempo da sessão é desejável diz respeito ao treinamento da população em geral. Sessões de menor duração que ofereçam resultados similares podem ser mais atrativos e facilitar a adesão de tais populações <sup>(24, 26)</sup>. Portanto, algumas estratégias principalmente quanto a ordem dos exercícios tem sido propostas a fim de otimizar a eficiência da sessão (manter o volume constante e diminuir o tempo da sessão) <sup>(26)</sup>.

O treinamento em circuito <sup>(64)</sup>, as séries combinadas <sup>(6, 56)</sup> e séries em bloco <sup>(65)</sup> são as principais estratégias utilizadas para maximizar a eficiência da sessão. Tais permitem que a fadiga local de um grupo muscular seja dissipada durante a realização de outro exercício para um grupo muscular não sinérgico <sup>(6, 7)</sup>. Diferentemente do treinamento tradicional, o treinamento em circuito baseia-se na realização de várias passagens exercícios diferentes. O número de passagens determina o número de

séries em cada exercício e o intervalo pode ser reduzido a ser somente o necessário para a troca de exercícios <sup>(6)</sup>. Alcaraz et al., <sup>(66)</sup> demonstraram que o desempenho no exercício supino reto em número de repetições, velocidade da barra e pico de potência não é alterado quando realizado de maneira tradicional (3 séries de 6RM com 3' de intervalo) ou realizado em circuito junto dos exercícios extensão de joelhos e tornozelos (utilizando a mesma carga). Possivelmente, o maior intervalo entre séries para o mesmo exercício foi o responsável pela manutenção do desempenho na condição em circuito. Entretanto, Prestes et al., <sup>(6)</sup> e Waller et al., <sup>(64)</sup> propõe que as prescrições em modelo de circuito sejam utilizadas principalmente com a população sedentária ou iniciante no treinamento de força, devido a impossibilidade de realizar um alto volume na sessão e a baixa intensidade utilizada (tipicamente <15RM).

Já a realização de séries combinadas tem demonstrado ser uma estratégia tempo-eficiente para indivíduos iniciantes e avançados com o treinamento de força <sup>(30, 56)</sup>. As séries combinadas compreendem a realização de dois exercícios para grupos musculares não sinérgicos realizados simultaneamente <sup>(56)</sup>.

Apesar da literatura apresentar outros nomes para esse mesmo sistema de treino (supersérie, série combinada, bi-set)<sup>(24)</sup>, dois principais modelos tem sido descritos. O primeiro deles caracteriza-se pela realização de dois exercícios para grupos musculares distintos e não antagônicos (um exercício para o membro superior e um para o inferior). Ciccone et al.,<sup>(67)</sup> compararam a realização do exercício agachamento isolado (4 séries a 80% de 1RM com 3 minutos de intervalo) com o exercício agachamento combinado com os exercícios supino reto e puxada no banco (ambos com a mesma carga do exercício agachamento). Somente a ultima série para ambas as condições foi realizada até a falha concêntrica. Os resultados demonstraram menor número de repetições e menor potência média no agachamento quando combinado com os exercícios para os membros superiores. Segundo os autores, os possíveis fatores responsáveis pelos resultados foram o aumento, o aumento do fluxo sanguíneo para os membros superiores e músculos respiratórios, a menor oxigenação e remoção de metabólitos dos membros inferiores, a diminuição do pH sanguíneo levando à diminuição da força do acoplamento excitação-

contração. Adicionalmente, os mecanismos de fadiga central como a ativação dos aferentes do grupo III e IV por serem capazes de diminuir a excitação dos motoneurônios alfa, portanto, passíveis de reduzir o desempenho como observado. De fato, os mesmos mecanismos tem sido reportados na literatura como responsáveis pela ocorrência de fadiga não-local<sup>(68-70)</sup>.

A segunda maneira de realizar séries combinadas caracteriza-se pela realização de dois exercícios para grupos musculares antagônicos (ex. flexores e extensores do cotovelo, flexores e extensores do joelhos, etc). Tal estratégia tem recebido maior respaldo científico possivelmente por apresentar melhora aguda no desempenho<sup>(23)</sup> e por apresentar melhor eficiência (volume realizado por unidade de tempo) ao longo da sessão<sup>(24-26)</sup>. O aumento no desempenho de contrações antagônicas pode ser atribuída à três principais fatores (i) alteração no padrão trifásico de contrações balísticas (grande ativação agonista, seguido de uma curta ativação do antagonista ao movimento “desaceleração” e finalmente um segundo disparo do agonista); (ii) pré fadiga do antagonista diminuindo a resistência contrária

ao movimento desejado e (iii) aumento da atividade do agonista decorrente da inervação recíproca <sup>(24)</sup>.

Baker e Newton <sup>(23)</sup> demonstraram 4,7% de melhora na produção de potência no arremesso da barra no supino guiado após a realização de uma série para os grupos musculares antagônicos (puxada no banco deitado, realizado de forma explosiva). Robbins et al., <sup>(25)</sup> realizaram um protocolo similar com os mesmos exercícios, entretanto, utilizando séries múltiplas. Duas condições foram testadas: série combinada ou tradicional (realização isolada de ambos os exercícios). Em ambas as condições 3 séries para cada exercício foi realizada, sendo utilizado 4 repetições 45% de 1RM para o arremesso da barra no supino guiado e 4RM para a puxada no banco deitado. Durante o arremesso da barra no supino guiado, a altura do arremesso, pico de velocidade, pico de potência e atividade eletromiográfica do peitoral maior, deltóide anterior, latíssimo do dorso e trapézio não apresentaram diferenças significantes entre condições. Adicionalmente, foi observado decréscimo similar no número de repetições ao longo das séries para ambas as condições. Apesar do volume total não diferir

entre as condições, a eficiência na condição de séries combinadas foi duas vezes maior (103,47 kg.min<sup>-1</sup> combinado vs. 54.71 kg.min<sup>-1</sup> tradicional). Posteriormente, Robbins et al., <sup>(26)</sup> demonstraram resultados similares utilizando o mesmo protocolo porém utilizando sobrecargas de 4RM para ambos os exercícios. Portanto, a utilização de séries combinadas para grupos musculares antagônicos parece ser uma estratégia tempo-eficiente visto que o desempenho agudo de expressão de força máxima e potência não é alterado.

Uma última estratégia possível de manipular o volume total e a densidade da sessão é a prescrição de “blocos” de séries para grupos musculares distintos. Como demonstrado no tópico anterior, a literatura científica tem recomendado a utilização de séries múltiplas para a grande maioria da população, podendo o número de séries chegar até 25-30 séries por grupo muscular em uma única sessão <sup>(13-18)</sup>. Se todas as séries para o mesmo grupo muscular forem realizadas em sequência é esperado que as medidas de desempenho sejam reduzidas ao longo da sessão, consequentemente, reduzindo o volume total da sessão. Lopes et al., <sup>(21)</sup> demonstraram redução progressiva

no desempenho de repetições máximas em 6 séries de 10RM no exercício supino reto (chegando até ~80% entre a primeira e última série). Portanto, uma possível estratégia para manter o desempenho é dividir o número total de séries para o mesmo grupo muscular em blocos de séries. Por exemplo, digamos que 10 séries para o exercício A e 10 séries para o exercício B devem ser realizadas em uma sessão. A divisão em blocos podem ser realizadas de diversas formas: 10 séries do exercício A mais 10 séries do exercício B (tradicional), alternar blocos de cinco séries para cada um dos exercícios (5A+5B+5A+5B), alternar em blocos de duas séries para cada um dos exercícios (2A+2B+2A+2B...), alternar uma série em cada exercício (série combinada). Portanto, nota-se que os extremos entre a realização de todas as séries para o mesmo grupo muscular ou uma série para cada grupo muscular correspondem ao treinamento tradicional e combinado respectivamente.

Apesar da utilização de séries em bloco ter uma fundamentação teórica, somente um estudo foi encontrado investigando a divisão do número de séries por grupo muscular na sessão de treinamento. Landim e Nelson <sup>(65)</sup>

investigaram os efeitos de quatro divisões de exercícios em indivíduos sem experiência com o treinamento de força. Quarenta e dois homens foram divididos em quatro grupos que realizaram os exercícios rosca direta, extensão de tríceps e elevação lateral utilizando 10 repetições a 60% de 1RM. O primeiro grupo realizou somente uma série de cada exercício até a falha concêntrica. O segundo grupo alternou a realização de uma série para cada exercício até que seis séries para todos os exercícios fossem realizadas (circuito). O terceiro grupo alternou a realização de um bloco de três séries para cada exercício até que seis séries para todos os exercícios fossem realizadas (bloco). O quarto grupo realizou as seis séries para todos os exercícios isoladamente (tradicional). Todos os grupos treinaram três vezes na semana. Após quatro semanas de treinamento, foi observado que todos os grupos aumentaram a força em todos os exercícios. Comparando-se os grupos, foi observado maior ganho de força no exercício rosca direta no grupo que realizou as seis séries para o mesmo exercício em comparação com o grupo que realizou somente uma série em cada exercício.

Duas propostas antagônicas existem

contraindicando e apoiando a estratégia de dividir o número de séries totais para o mesmo grupo muscular na sessão de treino. Primeiramente, a ideia de realizar séries em bloco é contraindicada através da teoria do “corredor das unidades motoras” treinadas. A teoria propõe que de acordo com o nível de fadiga aumenta no sistema muscular um maior número de unidades motoras são recrutadas e consequentemente adaptam ao treinamento. Portanto, diluir o número de séries totais do mesmo grupo muscular ao longo da sessão possivelmente diminua o número de UMs recrutadas, fadigadas e que consequentemente adaptarão ao treinamento. Entretanto, esta teoria aplica-se somente quando a série não é realizada até a falha concêntrica (ex. realizar 10 repetições com uma sobrecarga para 12RM) <sup>(17)</sup>. Por outro lado, se as séries forem executadas até a falha concêntrica, diluir as séries totais para cada grupo muscular ao longo do treinamento pode ser uma estratégia interessante, visto que a carga total levantada na sessão pode aumentar.

### **3.2. Efeitos agudos e adaptações neuromusculares da manipulação do volume e densidade na semana de**

### **treinamento**

Relação entre carga e recuperação: A relação entre a carga de treinamento e o tempo de recuperação entre sessões é de fundamental importância e tem sido explicada de acordo com três principais teorias: (i) Síndrome Geral da Adaptação; (ii) a Teoria Estímulo-Fadiga-Recuperação-Adaptação e (iii) Paradigma Fadiga-Aptidão. Apesar dos modelos explicarem a relação entre o efeito do treinamento no desempenho, as três diferem entre si em pontos fundamentais. A Teoria da Síndrome Geral da Adaptação primeiramente descrita por Hans Selye em 1956 demonstra a resposta do organismo ao estresse tanto físico quanto emocional. Sua teoria propõe que a resposta fisiológica é similar independente do estímulo estressor. Após o estresse induzido pelo treinamento, a resposta inicial (determinada fase de alarme) é caracterizada pela redução de desempenho decorrente de diversos fatores como a fadiga acumulada, dano muscular, dor muscular de início tardio, rigidez e redução dos estoques energéticos. Após a fase de alarme, se o estresse de treinamento não for excessivo, durante a fase de resistência



o desempenho retornará ao nível inicial ou acima dele (supercompensação). Entretanto, se o estresse de treinamento for excessivo, o desempenho continuará diminuindo decorrente a incapacidade do organismo de adaptar, determinada síndrome do overtraining (17, 38, 57, 71).

Diferindo da teoria anterior, segundo a teoria do Estímulo-Fadiga-Recuperação-Adaptação a fadiga acumulada e a correspondente redução do desempenho são proporcionais à intensidade e o volume da carga de treino. Segundo, Hoffman <sup>(38)</sup> quando a resposta geral a um estímulo de treino é examinada, a magnitude do estímulo determina de maneira integral o tempo de recuperação e adaptação. Portanto, sendo a manipulação das variáveis o fator determinante do tempo necessário entre sessões. Similarmente a teoria anterior, a teoria Estímulo-Fadiga-Recuperação-Adaptação, propõe que após a dissipação da fadiga o desempenho é aumentado acima do nível inicial (recuperação/supercompensação). Entretanto, se um novo estímulo de treinamento não é aplicado, então o nível de desempenho do indivíduo retorna ao seu nível basal, considerando-se então como

estado de involução <sup>(38, 57)</sup>.

Por fim, o Paradigma Aptidão-Fadiga apresenta uma visão mais completa das respostas fisiológicas decorrentes do estímulo de treino. Neste modelo o desempenho observado após uma sessão de treino é o resultado da soma dos efeitos diversos efeitos positivos (Aptidão) e negativos (Fadiga) decorrentes da sessão. Portanto, diferentes manipulações de treinamento acarretam em diferentes tempos de recuperação para diferentes mecanismos de aptidão e fadiga <sup>(17, 38, 57)</sup>.

Portanto, como os modelos demonstram, a magnitude do estímulo determina o tempo de recuperação necessário para a contínua adaptação ao treinamento. Consequentemente, o tempo de recuperação determina a frequência em que os estímulos são dispostos na semana.

Efeito da Frequência de Treinamento nas Adaptações Neuromusculares: A frequência ótima de treinamento depende em parte da adaptação neuromuscular desejada e da carga realizada nas sessões de treinamento <sup>(27)</sup>. Frequências de treino semanais variando de uma sessão por grupamento muscular <sup>(18, 31, 72)</sup>

chegando até duas sessões diárias para o mesmo grupamento muscular <sup>(19)</sup> são reportadas na literatura.

Hacket et al <sup>(18)</sup> através de um questionário realizado com 127 fisiculturistas competitivos observaram que 68% dos respondentes reportaram utilizar somente uma sessão de treinamento por grupo muscular. Os demais reportaram treinar o mesmo grupo muscular por duas vezes na semana, portanto, utilizando de 48 a 72 horas de recuperação entre estímulos para o mesmo grupo muscular. Nenhum dos atletas reportou usar três ou mais sessões para o mesmo grupo muscular na semana. Schoenfeld et al <sup>(72)</sup> compararam em sujeitos treinados os modelos de treinamento de levantadores de peso (7 séries de 3RM) com modelos de treino de fisiculturistas (3 séries de 10RM). Os mesmos exercícios foram utilizados em ambos os grupos e o volume total de treino foi equalizado. Ambos os grupos realizaram 3 sessões de treino na semana, entretanto o grupo utilizando modelo de treino de fisiculturistas realizou todos os exercícios para o mesmo grupo muscular em uma única sessão (um treino com alto volume para cada grupo muscular). Já o grupo utilizando o modelo de treino de

levantadores de peso dividiu os exercícios ao longo da semana, realizando três treinos para todos grupos musculares com volume baixo. Após 8 semanas os resultados revelaram que ambos os grupos apresentaram hipertrofia do bíceps braquial (~12% para ambos os grupos) sem diferir entre eles. Ambos os grupos apresentaram aumento da força mensurada através de 1RM no exercício supino reto e agachamento. Entretanto, para o exercício supino reto o grupo que realizou o modelo de treinamento de levantadores de peso apresentou maior aumento percentual em relação ao pré teste (9,8 e 7,6%, respectivamente). Entretanto, o maior aumento da força observada se deva ao fato do grupo ter utilizado sobrecargas de 3RM, portanto mais específicas para o aumento da força máxima.

Posteriormente, Schoenfeld et al <sup>(31)</sup> compararam o efeito de treinar rotina dividida ou o sessão única para o corpo todo. O volume total foi equalizado na semana em ambas as condições. O grupo que realizou a rotina dividida utilizou somente uma sessão com alto volume para os grupos musculares alvo na semana, já o grupo realizando a sessão para o corpo todo realizou três sessões para todos os grupos musculares,

porém com volume dividido entre as sessões. Ambos os grupos apresentaram melhoras significantes nas medidas de hipertrofia dos flexores e extensores de cotovelo e vasto lateral e aumentaram a força nos testes de 1RM no exercício supino reto e agachamento. Entretanto, para todas as medidas apresentadas o grupo que realizou as sessões de treino para o corpo todo (três sessões na semana) obteve maior tamanho de efeito em comparação com o grupo de rotinas divididas (sessão única). Similarmente aos estudos de Schoenfeld et al.<sup>(31, 72)</sup> e McLester et al.<sup>(73)</sup> demonstraram maiores aumentos na força e hipertrofia em sujeitos treinados utilizando frequência de três sessões na semana quando comparada com uma sessão na semana com volume equalizado. Adicionalmente, utilizando uma frequência de treinamento incomum Raastad et al.,<sup>(74)</sup> compararam a divisão do volume total de treino em três ou seis sessões na semana em levantadores de peso com pelo menos 6 meses de experiência em competições de nível nacional (Noruega). O volume total na semana, os exercícios e a intensidade foram idênticos em ambos os grupos. Após 15 semanas de treinamento o teste de 1RM no agachamento

e supino reto foram maiores no grupo que realizou a frequência de seis vezes na semana em comparação com o grupo que realizou o treinamento com frequência menor ( $11 \pm 6$  vs.  $5 \pm 3\%$  e  $11 \pm 4$  vs.  $6 \pm 3\%$ , respectivamente). Adicionalmente o aumento na área de secção transversa do quadríceps também foi maior no grupo de maior frequência semanal ( $4.2 \pm 4.3$  vs.  $-0.6 \pm 1.6\%$ ).

Recentemente um trabalho realizado por nosso grupo de pesquisa<sup>(75)</sup> verificou os efeitos de diferentes frequências de treinamento de força nas adaptações neuromusculares e morfológicas em homens treinados. A amostra foi composta por homens altamente treinados em força. Os sujeitos foram pareados de acordo com os níveis de força máxima basal e foram distribuídos de maneira aleatória em um dos dois grupos experimentais: uma sessão semanal para cada grupamento muscular (grupo 1xsem,  $n = 10$ ); duas sessões semanais para cada grupamento muscular (grupo 2xsem,  $n = 10$ ). A intervenção teve duração de 8 semanas. Foram realizados pré e pós-treinamento os teste de 1RM e teste de 60% de 1RM (60%1RM) nos exercícios supino reto e meio-agachamento, análise da espessura muscular

dos músculos flexores do cotovelo, tríceps braquial, vasto lateral e quadríceps anterior (reto femoral + vasto intermédio). Ambos os grupos apresentaram incrementos significantes nos testes de 1RM no supino reto e meio-agachamento. Ambos os grupos apresentaram incrementos no teste de 60%1RM no meio-agachamento, porém, somente o grupo 2xsem apresentou ganhos significantes no teste de 60%1RM no supino reto; foi observado aumento na espessura muscular, ambos os grupos apresentaram incrementos significantes nos músculos flexores do cotovelo; tríceps braquial; vasto lateral e quadríceps anterior.

Schoenfeld et al.,<sup>(10)</sup> realizaram uma revisão de literatura com meta-análise para determinar o efeito da frequência de treinamento nas medidas de hipertrofia muscular. Os resultados demonstraram um impacto significativo da frequência de treinamento no. A maior frequência de treinamento apresentou maior tamanho do efeito que sessões menos frequentes na resposta hipertrófica ( $0.49 \pm 0.08$  vs.  $0.30 \pm 0.07$ , respectivamente). Desta forma as evidências demonstram que duas sessões ou três na semana promovem maiores ganhos que uma vez na semana. Entretanto,

segundo os autores, permanece em questão se três sessões são superiores à duas sessões semanais na prescrição do treinamento voltado para as respostas hipertróficas.

Coletivamente estes estudos suportam a ideia de que estímulos mais frequentes e com sessões menos extensas parecem ser mais efetivas para promover as adaptações neuromusculares provenientes do treinamento de força. Recentemente, Dunkel et al.,<sup>(32)</sup> propuseram um modelo hipotético da resposta da síntese de proteína em protocolos com séries por grupo muscular equalizadas na semana. Segundo os autores, quando sessões de poucas séries são realizadas com maior frequência reduzem a fadiga local e apresentam elevações da síntese de proteínas mais frequentes. Por outro lado, sessões de muitas séries e pouca frequência reduzem o tempo em um balanço proteico positivo devido ao estímulo máximo que certo número de séries pode causar. Este “limite anabólico” determina que as séries realizadas além de certo ponto não geram mais estímulos para a síntese proteica, portanto, são consideradas “séries desperdiçadas” na sessão. Adicionalmente, mais séries em uma única sessão requer um maior tempo de recuperação

entre estímulos, levando a síntese de proteínas retornarem aos níveis basais até que um novo estímulo de treino seja realizado.

#### 4. CONCLUSÃO

A presente revisão conclui que a manipulação diária e semanal do volume e da densidade alteram as respostas agudas e as adaptações neuromusculares do treinamento de força. Em geral, o número de séries prescrita por grupo muscular na sessão deve progressivamente aumentar a fim de maximizar o ganho de força e hipertrofia. Como orientação, iniciantes devem realizar de uma até 8 séries, indivíduos recreacionalmente treinados de 6 a 20 séries e atletas de força até 30 séries são reportadas na literatura. Quanto à densidade da sessão, diversas estratégias são propostas a fim de manter o desempenho e reduzir a duração total da sessão (aumentar a eficiência). Por fim, as evidências demonstram que para maximizar as adaptações neuromusculares, duas e três sessões semanais são superiores a uma única sessão quando o volume é equalizado. Por fim, a realização mais frequente de sessões de menor volume parece manter a síntese de proteínas elevada ao longo da semana, o que pode sugerir maiores adaptações neuromusculares ao longo

do tempo.

#### REFERÊNCIAS

1. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine Science Sports Exercise*. 2002;34(2):364-80.
2. Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine Science Sports Exercise*. 2004;36(4):674-88.
3. Ratamess NA, Alvar BA, Evetoch TK, Housh TJ, Ben Kibler W, Kraemer WJ, et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine Science Sports Exercise*. 2009;41(3):687-708.
4. Zatsiorsky VM, Kraemer WJ. *Ciência e prática do treinamento de força*. São Paulo: Phorte; 2008.
5. Marchetti PH, Lopes CR. *Planejamento e prescrição do treinamento personalizado: do iniciante ao avançado*: Editora Mundo; 2014.
6. Prestes J, Foschini D, Marchetti PH, Charro M. *Prescrição e periodização do treinamento de força em academias*. São Paulo: Phorte; 2010.
7. Prestes J, Foschini D, Marchetti PH, Charro M, Tibana RA. *Prescrição e periodização do treinamento de força em academias*: Phorte; 2016.
8. Chandler TJ, Brown LE. *Conditioning for strength and human performance*. Second Edition ed: Lippincott Williams & Wilkins; 2013.
9. 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. *Journal of Sports Science*. 2016;1-10.
10. Schoenfeld BJ, Ogborn D, Krieger JW. Effects of resistance training frequency on measures of muscle hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*. 2016.
11. Krieger JW. Single vs. multiple sets of resistance exercise for muscle hypertrophy: a meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2010;24(4):1150-9.
12. Krieger JW. Single versus multiple sets of resistance exercise: a meta-regression.

- Journal of Strength and Conditioning Research. 2009;23(6):1890-901.
13. Peterson MD, Rhea MR, Alvar BA. Maximizing strength development in athletes: a meta-analysis to determine the dose-response relationship. Journal of Strength and Conditioning Research. 2004;18(2):377-82.
14. Rhea MR, Alvar BA, Burkett LN, Ball SD. A meta-analysis to determine the dose response for strength development. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2003;35(3):456-64.
15. Bloomer RJ, Ives JC. Varying neural and hypertrophic influences in a strength program. Strength and Conditioning Journal. 2000;22(2):30-5.
16. Lin J, Chen T. Diversity of strength training methods: A theoretical approach. Strength and Conditioning Journal. 2012;34(2):42-9.
17. Zatsiorsky VM, Kraemer WJ. Ciência e prática do treinamento de força. 2a edição ed. São Paulo: Phorte Editora; 2008.
18. Hackett DA, Johnson NA, Chow CM. Training practices and ergogenic aids used by male bodybuilders. Journal of Strength and Conditioning Research. 2013;27(6):1609-17.
19. Hakkinen K, Pakarinen A, Alen M, Kauhanen H, Komi PV. Neuromuscular and hormonal responses in elite athletes to two successive strength training sessions in one day. European Journal of Applied Physiol Occupational Physiology. 1988;57(2):133-9.
20. Willardson JM, Burkett LN. A comparison of 3 different rest intervals on the exercise volume completed during a workout. Journal of Strength and Conditioning Research. 2005;19(1):23-6.
21. Lopes CR, Soares EG, Santos AL, Aoki MS, Marchetti PH. Efeitos do alongamento passivo no desempenho de séries múltiplas no treinamento de força. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. 2015;21(3):168-73.
22. Soares EG, Marchetti PH. Efeito da ordem dos exercícios no treinamento de força. Revista do Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida. 2013;5(3):1-14.
23. Baker D, Newton RU. Acute effect on power output of alternating an agonist and antagonist muscle exercise during complex training. Journal of Strength and Conditioning Research. 2005;19(1):202-5.
24. Robbins DW, Young WB, Behm DG, Payne WR. Agonist-antagonist paired set resistance training: a brief review. Journal of Strength and Conditioning Research. 2010;24(10):2873-82.
25. Robbins DW, Young WB, Behm DG, Payne WR. The effect of a complex agonist and antagonist resistance training protocol on volume load, power output, electromyographic responses, and efficiency. Journal of Strength and Conditioning Research. 2010;24(7):1782-9.
26. Robbins DW, Young WB, Behm DG, Payne WR, Klimstra MD. Physical performance and electromyographic responses to an acute bout of paired set strength training versus traditional strength training. Journal of Strength and Conditioning Research. 2010;24(5):1237-45.
27. Fleck SJ, Kraemer WJ. Fundamentos do treinamento de força: Artmed; 2006.
28. Kraemer WJ, Hakkinen K. Strength Training for Sport: Blackwell Science; 2000.
29. Brown LE. Treinamento de força. Barueri: Manole; 2008.
30. Schoenfeld BJ. The MAX muscle plan: Human Kinetics; 2013.
31. Schoenfeld BJ, Ratamess NA, Peterson MD, Contreras B, Tiriyaki-Sonmez G. Influence of resistance training frequency on muscular adaptations in well-trained men. Journal of Strength and Conditioning Research. 2015;29(7):1821-9.
32. Dankel SJ, Mattocks KT, Jessee MB, Buckner SL, Mouser JG, Counts BR, et al. Frequency: The overlooked resistance training variable for inducing muscle hypertrophy? Sports Medicine. 2016.
33. Winter EM, Abt G, Brookes FBC, Challis JH, Fowler NE, Knudson DV, et al. Misuse of "Power" and other mechanical terms in sport and exercise science research. Journal of Strength and Conditioning Research. 2016;30(1):292-300.
34. Tan B. Manipulating resistance training program variables to optimize maximum strength in men: a review. Journal of Strength and Conditioning Research. 1993;13(3):289-304.
35. Zourdos MC, Jo E, Khamoui AV, Lee SR, Park BS, Ormsbee MJ, et al. Modified daily undulating periodization model produces greater performance than a traditional configuration in powerlifters. The Journal of Strength & Conditioning Association. 2015.
36. Uchida MC, Charro MA, Bacurau RFP, Navarro F, Pontes Júnior FL. Manual da Musculação: uma abordagem teórico-prática do treinamento de força. 4 ed. São Paulo: Phorte Editora; 2013.
37. Weineck J. Entrenamiento total: Paidotribo; 2005.
38. Hoffman JR. NSCA's Guide to Program Design: Human Kinetics; 2012.
39. McLester JR, Bishop PA, Smith J, Wyers L, Dale B, Kozusko J, et al. A series of studies-a practical protocol for testing muscular endurance



- recovery. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2003;17(2):259-73.
40. Radaelli R, Fleck SJ, Leite T, Leite RD, Pinto RS, Fernandes L, et al. Dose-response of 1, 3, and 5 sets of resistance exercise on strength, local muscular endurance, and hypertrophy. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2015;29(5):1349-58.
41. Baechle TR, Earl RW. Fundamentos do treinamento de força e do condicionamento. 3a edição ed: Manole; 2010.
42. Sugisaki N, Kurokawa S, Okada J, Kaneshia H. Difference in the recruitment of hip and knee muscles between back squat and plyometric squat jump. *PLOS One*. 2014;9(6):1-9.
43. Ebben WP, Jensen R. The role of the back squat as a hamstring training stimulus. *Strength and Conditioning Journal*. 2000;22(5):15-7.
44. Wright GA, Delong TH, Gehlsen G. Electromyographic activity of the hamstrings during performance of the leg curl, stiff-leg deadlift, and back squat movements. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 1999;13(2):168-74.
45. Kelly SB, Brown LE, Coburn JW, Zinder SM, Gardner LM, Nguyen D. The effect of single versus multiple sets on strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2007;21(4):1003-6.
46. Robbins DW, Marshall PW, McEwen M. The effect of training volume on lower-body strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2012;26(1):34-9.
47. Sooneste H, Tanimoto M, Kakigi R, Saga N, Katamoto S. Effects of training volume on strength and hypertrophy in young men. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2013;27(1):8-13.
48. Gabriel DA, Kamen G, Frost G. Neural adaptations to resistive exercise: mechanisms and recommendations for training practices. *Sports Medicine*. 2006;36(2):133-49.
49. Sale DG. Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in Sport and Exercise*. 1988;20(5):135-45.
50. Behm DG. Neuromuscular implications and applications of resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 1995;9(4):264-74.
51. Crewther B, Cronin J, Keogh J. Possible stimuli for strength and power adaptation: acute mechanical responses. *Sports Medicine*. 2005;35(11):967-89.
52. Schoenfeld BJ. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2010;24(10):2857-72.
53. Crewther B, Cronin J, Keogh J. Possible stimuli for strength and power adaptation: acute metabolic responses. *Sports Medicine*. 2006;36(1):65-78.
54. Crewther B, Keogh J, Cronin J, Cook C. Possible stimuli for strength and power adaptation: acute hormonal responses. *Sports Medicine*. 2006;36(3):215-38.
55. Helms ER, Fitschen PJ, Aragon AA, Cronin J, Schoenfeld BJ. Recommendations for natural bodybuilding contest preparation: resistance and cardiovascular training. *J Sports Med Phys Fitness*. 2015;55(3):164-78.
56. Schoenfeld BJ. The use of specialized training techniques to maximize muscle hypertrophy. *Strength and Conditioning Journal*. 2011;33(4):60-5.
57. Turner A. The science and practice of periodization: A brief review. *Strength and Conditioning Journal*. 2011;33(1):34-46.
58. Carpinelli RN, Otto RM. Strength training. Single versus multiple sets. *Sports Medicine*. 1998;26(2):73-84.
59. Otto RM, Carpinelli RN. A critical analysis of the single versus multiple set debate. *Journal of Exercise Physiology*. 2006;9(1):52-7.
60. Hubal MJ, Gordish-Dressman H, Thompson PD, Price TB, Hoffman EP, Angelopoulos TJ, et al. Variability in muscle size and strength gain after unilateral resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2005;37(6):964-72.
61. 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. *European Journal of Applied Physiol Occupational Physiology*. 2007;100(1):1-17.
62. Willardson JM. A brief review: factors affecting the length of the rest interval between resistance exercise sets. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2006;20(4):978-84.
63. Willardson JM. A brief review: How much rest between sets? *Strength and Conditioning Journal*. 2008;30(3):44-50.
64. Waller M, Miller J, Hannon J. Resistance circuit training: Its application for the adult population. *Strength and Conditioning Journal*. 2011;33(1):16-22.
65. Landin D, Nelson AG. Early phase strength development: a four-week training comparison of different programs. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2007;21(4):1113-6.



66. Alcaraz PE, Sanchez-Lorente J, Blazevich AJ. Physical performance and cardiovascular responses to an acute bout of heavy resistance circuit training versus traditional strength training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2008;22(3):667-71.
67. Ciccone AB, Brown LE, Coburn JW, Galpin AJ. Effects of traditional vs. alternating whole-body strength training on squat performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2014;28(9):2569-77.
68. Halperin I, Aboodarda SJ, Behm DG. Knee extension fatigue attenuates repeated force production of the elbow flexors. *European Journal of Sport Science*. 2014.
69. Gandevia SC. Spinal and Supraspinal Factors in Human Muscle Fatigue. *Physiological Reviews*. 2001;81(4):1725-89.
70. Halperin I, Chapman DW, Behm DG. Non-local muscle fatigue: effects and possible mechanisms. 2015.
71. Chiu LZF, Barnes JL. The fitness-fatigue model revisited: Implications for planning short- and long-term training. *Strength and Conditioning Journal*. 2003;25(6):42–51.
72. Schoenfeld BJ, Ratamess NA, Peterson MD, Contreras B, Sonmez GT, Alvar BA. Effects of different volume-equated resistance training loading strategies on muscular adaptations in well-trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2014;28(10):2909-18.
73. McLester JR, Bishop PA, Williams ME. Comparison of 1 day and 3 days per week of equal-volume resistance training in experienced subjects. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2000;14(3):273-81.
74. Raastad T, Kirketeig A, Wolf D, Paulsen G. Powerlifters improved strength and muscular adaptations to a greater extent when equal total training volume was divided into 6 compared to 3 sessions per week. 17th annual Congress of the European College of Sport Science; Belgium 2012.
75. Brigatto FA. Efeito crônico da frequência do treinamento de força no desempenho neuromuscular e morfologia muscular após 8 semanas em sujeitos treinados. Piracicaba, Brasil: Universidade Metodista de Piracicaba; 2017.

**Observação: Os autores declaram não existir conflitos de interesses de qualquer natureza.**