

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

Efeito de diferentes frequências de treinamento no desempenho de força máxima
e hipertrofia muscular em indivíduos treinados

RICARDO PEREIRA NEVES

SÃO PAULO

2018

RICARDO PEREIRA NEVES

Efeito de diferentes frequências de treinamento no desempenho de força máxima e hipertrofia muscular em indivíduos treinados

Versão Corrigida

Dissertação apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Estudos Biodinâmicos da Educação Física e Esporte

Orientador: Prof. Dr. Valmor Alberto Augusto Tricoli

SÃO PAULO

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo da Publicação
Serviço de Biblioteca
Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo

Neves, Ricardo Pereira

Efeito de diferentes frequências de treinamento no desempenho de força máxima e hipertrofia muscular em indivíduos treinados / Ricardo Pereira Neves. -- São Paulo: [s.n.], 2018. 56p.

Dissertação (Mestrado) - Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Valmor Alberto Augusto Tricoli

1. Treinamento de força 2. Hipertrofia muscular I. Título.

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: NEVES, Ricardo Pereira

Título: Efeito de diferentes frequências de treinamento no desempenho de força máxima e hipertrofia muscular em indivíduos treinados

Dissertação apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências

Data: ___/___/___

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Dedico este trabalho aos meus pais Sebastião Neves Filho (in memoriam), e Neuza das Graças Pereira Neves, que além de todo amor e carinho, não mediram esforços, mesmo nas dificuldades, para que eu pudesse seguir nos estudos, algo que para os mesmos não pôde ser ofertado. Em todas as minhas realizações vou tê-los comigo!!! Eu AMO vocês!!!

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Valmor Tricoli, pela oportunidade de ingressar na pós-graduação, pelos conhecimentos compartilhados em várias oportunidades e, principalmente, por não ter desistido desta orientação, afinal de contas, foram muitos anos entre a pretensão e a realização do mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Carlos Ugrinowitsch, pelos ensinamentos, e por me fazer perceber que o insucesso é apenas uma oportunidade para recomeçar com mais inteligência. A minha barba branca e meu pouco cabelo corroboraram com este aprendizado.

Aos meus contemporâneos, Prof. Dr. Hamilton Roschel, Prof. Dr. Renato Barroso da Silva e Prof. Dr. Eduardo Oliveira de Souza, pela contribuição, não somente no exame de qualificação, como também em outros momentos.

A todos os meus colegas de laboratório, em especial ao Prof. Me. Emerson Luiz Teixeira e ao Prof. Esp. Demostenys David, pela ajuda nas coletas, e a Profa. Dra. Carla Batista, Prof. Dr. Gilberto Cândido Laurentino, Prof. Me. Felipe Cassaro Vechin e Prof. Me. Manoel Lixandrão, pela ajuda na análise dos dados.

A minha namorada, Diana Oliveira, que entendeu (ou pelo menos tentou) e viveu as alegrias e tristezas de namorar um pós-graduando.

Aos meus amigos e familiares, em especial a minha madrinha Profa. Dra. Joana Neves, por toda ajuda e incentivo desde minha formação.

Por último, e não menos importante, agradeço a todos os sujeitos que participaram do estudo, pelo comprometimento e empenho nos treinamentos, e por permitirem usar seus dados para conclusão do trabalho.

*Sucesso é conseguir o que você quer e felicidade
é gostar do que você conseguiu.*

David Carnegie

RESUMO

NEVES, R. P. **Efeito de diferentes frequências de treinamento no desempenho de força máxima e hipertrofia muscular em indivíduos treinados.** 2018. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

Introdução: O estado de treinamento é um dos fatores que podem influenciar na frequência de treinamento, e de fato, evidências têm sugerido que sujeitos previamente treinados tenham necessidade de realizar o treinamento de força (TF) em maiores frequências semanais, com intuito de aumentar o desempenho de força e a massa muscular. **Objetivo:** Comparar as alterações no desempenho de força dinâmica máxima (1RM) dos membros inferiores e na área de secção transversa (AST) do músculo quadríceps femoral, após a realização de um programa de treinamento de força distribuído em diferentes frequências semanais, em um grupo de indivíduos previamente treinados em força. **Materiais e Métodos:** A amostra foi composta por 24 sujeitos do sexo masculino, com idade entre 18 e 35 anos, que participaram de um programa de TF de nove semanas. Os sujeitos foram distribuídos em duas condições: **TFVE** - treinamento de força com volumes equalizados e, **TFVN** - treinamento de força com volumes não equalizados. O protocolo de TF utilizou o exercício *leg press* 45° (unilateral) como único exercício, e deste modo, cada um dos membros inferiores (MMII) foi submetido a uma das frequências semanais de treinamento propostas (*i.e.*, uma e três vezes). O teste de 1RM no exercício *leg press* 45° (unilateral) e as medidas de AST do músculo quadríceps femoral foram realizados nos momentos pré e pós-treinamento. **Resultados:** Os aumentos nos valores de 1RM foram significantes ($p < 0,001$) e similares, nas diferentes frequências de TF tanto da condição **TFVE** ($16,0 \pm 10,0\%$ e $17,2 \pm 12,2\%$ para uma e três vezes por semana, respectivamente) quanto da condição **TFVN** ($19,4 \pm 13,1\%$ e $24,6 \pm 14,2\%$ para uma e três vezes por semana, respectivamente). Para AST, também houve aumentos significantes ($p < 0,001$) e similares, nas diferentes frequências de TF tanto da condição **TFVE** ($2,1 \pm 2,1\%$ e $2,0 \pm 2,8\%$ para uma e três vezes por semana, respectivamente) quanto da condição **TFVN** ($1,5 \pm 2,6\%$ e $4,1 \pm 5,0\%$ para uma e três vezes por semana, respectivamente). Quando o *effect size* (ES) e o intervalo de confiança (IC) foram calculados, pôde-se observar que a maior frequência de treinamento apresentou melhores resultados nos valores de 1RM e AST, somente quando foi permitida a realização de um maior volume de treinamento (*i.e.*, **TFVN**). **Conclusão:** O TF realizado três vezes por semana demonstrou aumentos de 1RM e AST similares àquele realizado somente uma vez, independentemente ou não da equalização do volume de treinamento. Quando a maior frequência de TF pôde proporcionar um maior volume total de treinamento, valores significantes do IC do ES foram observados para ambas as adaptações. Portanto, se indivíduos treinados necessitam de maiores volumes de treinamento para que sejam observados aumentos tanto na força quanto na massa muscular, alternativas como o aumento da frequência do TF podem ser consideradas.

Palavras-chave: Estado de treinamento. Força muscular. Massa muscular.

ABSTRACT

NEVES, R. P. **Effect of different training frequencies on maximal strength performance and muscle hypertrophy in trained individuals.** 2018. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

Introduction: Training status is one of the factors that may influence training frequency, and in fact, evidence has suggested that previously trained subjects need to perform strength training (ST) at higher weekly frequencies, in order to increase strength and muscle mass. **Objective:** To compare the changes in lower limbs maximal dynamic strength (1RM) and in the cross-sectional area (CSA) of the quadriceps femoris muscle, after performing a strength training program distributed at different weekly frequencies in a group of previously strength trained individuals. **Materials and Methods:** The sample was composed of 24 male subjects, aged between 18-35 years, who participated in a 9-week ST program. The subjects were divided into two conditions: **STEV** - strength training with equalized volumes and, **STUV** - strength training with unequalized volumes. The ST protocol used the leg press 45° exercise (unilateral) as the only exercise, and thus, each lower limb was submitted to one of the proposed weekly training frequencies (*i.e.*, one and three times). The 1RM test in the leg press 45° exercise (unilateral) and the CSA measurements of the quadriceps femoris muscle were performed at the pre and post training moments. **Results:** The increases in the 1RM values were significant ($p < 0.001$) and similar, in the different ST frequencies of the **STEV** condition ($16.0 \pm 10.0\%$ and $17.2 \pm 12.2\%$ for one and three times a week, respectively) and **STUV** condition ($19.4 \pm 13.1\%$ and $24.6 \pm 14.2\%$ for one and three times a week, respectively). For CSA, there were also similar and significant increases ($p < 0.001$), in the different ST frequencies of the **STEV** condition ($2.1 \pm 2.1\%$ and $2.0 \pm 2.8\%$ for one and three times a week, respectively) and **STUV** condition ($1.5 \pm 2.6\%$ and $4.1 \pm 5.0\%$ for one and three times a week, respectively). When the effect size (ES) and the confidence interval (CI) were calculated, it was observed that the higher training frequency presented better results in the 1RM and CSA values, only when it was allowed to perform a higher training volume (*i.e.*, **STUV**). **Conclusion:** The ST performed three times a week, showed 1RM and CSA increases similar the one performed only once, regardless of training volume equalization. When the higher frequency of ST allowed a greater total volume of training, significant values of the CI of the ES were observed for both adaptations. Therefore, if trained individuals require higher training volumes to increase strength and muscle mass, alternatives such as increased ST frequency can be considered.

Keywords: Training Status. Muscle strength. Muscle mass.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVO	14
3. REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1. Frequência de treinamento	16
3.2. Frequência de treinamento e desempenho de força em indivíduos treinados	18
3.3. Frequência de treinamento e hipertrofia muscular em indivíduos treinados	20
4. MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1. Amostra	23
4.2. Procedimentos experimentais	24
4.3. Teste de força dinâmica máxima (1RM) no exercício <i>leg press</i> 45°	25
4.4. Medidas antropométricas	26
4.5. Medida da área de secção transversa (AST) do músculo quadríceps femoral	26
4.6. Protocolo de treinamento de força	27
4.7. Tratamento estatístico	28
5. RESULTADOS	30
5.1. Força dinâmica máxima (1RM)	32
5.2. Área de secção transversa (AST)	35
6. DISCUSSÃO	39
6.1. Efeito das diferentes frequências de treinamento sobre o desempenho de força dinâmica máxima (1RM)	39
6.2. Efeito das diferentes frequências de treinamento sobre o aumento da área de secção transversa (AST) muscular	42
7. CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1. INTRODUÇÃO

As principais adaptações provocadas pelo treinamento de força (TF) são o aumento da força muscular e da área de secção transversa do músculo esquelético (*i.e.*, hipertrofia muscular). Estas adaptações são dependentes da adequada manipulação de variáveis como intensidade, volume, intervalo de recuperação e frequência de treinamento (HASS et al., 2001; MONTEIRO et al., 2005). No entanto, existem controvérsias a respeito de qual a melhor forma de manipular e combinar tais variáveis no intuito de aperfeiçoar o desempenho de força e aumentar a massa muscular (RHEA et al., 2003; PETERSON et al., 2004; PETERSON et al., 2005; CANDOW e BURKE, 2007).

Dentre as variáveis citadas, sabe-se que a frequência de treinamento é caracterizada pela quantidade de sessões semanais (HASS et al., 2001; FAIGENBAUM et al., 2002; KRAEMER e RATAMESS, 2004; ACSM, 2009), e normalmente é expressa pelo número de vezes que determinados exercícios ou grupos musculares são treinados neste período (KRAEMER e RATAMESS, 2004; PETERSON et al., 2004; WERNBOM et al., 2007; KRAEMER e FLECK, 2009; SCHOENFELD et al., 2015; SCHOENFELD et al., 2016). A frequência de treinamento pode ser influenciada por vários fatores, tais como intensidade, volume, número de grupos musculares treinados por sessão e estado de treinamento do praticante (HASS et al., 2001; KRAEMER e RATAMESS, 2004; BURT et al., 2007; ACSM, 2009; FISHER et al., 2011).

Comumente, os programas de TF são organizados em frequências semanais que variam entre dois a seis dias (MCLESTER Jr. et al., 2003; KRAEMER e RATAMESS, 2004; ACSM, 2009), onde cada grupo muscular em específico pode ser treinado de duas a três vezes por semana, com intuito de gerar aumentos na força e na massa muscular (RHEA et al., 2003; KRAEMER e RATAMESS, 2004; PETERSON et al., 2004; PETERSON et al., 2005; ACSM, 2009).

Apesar destas recomendações, sabe-se que a maioria dos estudos que compararam diferentes frequências de TF, foi realizada com indivíduos não treinados (GILLAM, 1981; HUNTER, 1985; GRAVES et al., 1988; BRAITH et al., 1989; BRAZELL et al., 1989; POLLOCK et al., 1993; CALDER et al., 1994; DERENNE et al., 1996; DEMICHELE et al., 1997; CARROLL et al., 1998; DIBREZZO et al., 2002; FAIGENBAUM et al., 2002; BURT et al., 2007; CANDOW e BURKE, 2007; ARAZI e ASADI, 2011; BENTON et al., 2011; FARINATTI et al., 2013; ORSATTI et al., 2013; GENTIL et al., 2015; PADILHA et al.,

2015; SERRA et al., 2015; SUNAGA et al., 2016; SERRANO, 2016; BARCELOS, 2017; SILVA et al., 2017; TAVARES et al., 2017a; TURPELA et al., 2017), limitando assim a extrapolação dos seus resultados para indivíduos considerados treinados. Além disso, em boa parte destes estudos, o volume total de treinamento não foi equalizado para que estas comparações fossem realizadas (GILLAM, 1981; GRAVES et al., 1988; BRAITH et al., 1989; BRAZELL et al., 1989; HOFFMAN et al., 1990; POLLOCK et al., 1993; DEMICHELE et al., 1997; DERENNE et al., 1996; FAIGENBAUM et al., 2002; BURT et al., 2007; FARINATTI et al., 2013; ORSATTI et al., 2013; PADILHA et al., 2015; SERRA et al., 2015; SERRANO, 2016; SILVA et al., 2017; TURPELA et al., 2017), aumentando o risco de conclusões equivocadas, uma vez que o volume de treinamento parece ser determinante para que sejam observados aumentos tanto na força (SIMÃO et al., 2007; ROBBINS et al., 2012; RALSTON et al., 2017) quanto na massa muscular (FIGUEIREDO et al., 2017; SCHOENFELD et al., 2017).

No entanto, McLester Jr. et al. (2000) e recentemente Schoenfeld et al. (2015), compararam diferentes frequências de treinamento, utilizando protocolos de TF com volumes equalizados em sujeitos treinados. McLester Jr. et al. (2000), investigaram protocolos onde cada grupo muscular era submetido ao TF uma ou três vezes por semana, observando que os aumentos em força dinâmica máxima (1RM), obtidos pelo grupo que treinou uma vez, representaram em média 62% daqueles obtidos pelo grupo que treinou três vezes, sendo demonstrada diferença estatisticamente significativa nos valores de 1RM do exercício *leg press* (i.e., 22,3% vs. 46,1%) em favor da maior frequência de TF. Além disso, foram demonstrados aumentos na massa muscular de 1,4% e 7,5% para os treinamentos realizados uma e três vezes por semana, respectivamente. Da mesma maneira, Schoenfeld et al. (2015) compararam protocolos onde cada grupo muscular era submetido ao TF uma ou três vezes na semana, encontrando aumentos percentuais nos valores de 1RM de 6,8% e 10,2% no exercício supino e, 10,6% e 11,3% no exercício agachamento para uma e três vezes, respectivamente. Além disso, o aumento percentual na espessura dos músculos flexores do cotovelo foi significativamente maior para os sujeitos que realizaram o TF três vezes por semana (6,5%) em comparação àqueles que o treinaram somente uma vez (4,4%).

Sendo assim, pode-se especular que sujeitos previamente treinados necessitem de maiores frequências de TF, em comparação aos sujeitos não treinados, para promover aumentos não só na força, como também na massa muscular (HÄKKINEN e KALLINEN, 1994; MCLESTER Jr. et al., 2000; RAASTAD et al., 2012; SCHOENFELD et al., 2015).

Häkkinen e Kallinen (1994) demonstraram que mulheres treinadas alcançaram um melhor desempenho de força, quando o volume de treinamento foi distribuído em um número maior de sessões, o que supostamente criou condições favoráveis (*i.e.*, maior frequência de estimulação neural) para responder ao estímulo de treinamento. De fato, a amplitude do sinal eletromiográfico muscular não foi aumentada, quando sujeitos treinados adicionaram um número maior de séries, após o platô de fadiga ser atingido (FINN et al., 2014); portanto, especula-se que aumentar a frequência de treinamento poderia ser uma estratégia eficaz de estimular o sistema neuromuscular, e consequentemente aumentar o desempenho de força (HÄKKINEN e KALLINEN, 1994; RAASTAD et al., 2012; WILLIAMS et al., 2017).

Em relação ao aumento de massa muscular, a importância de uma maior frequência de TF pode estar relacionada aos diferentes períodos de manutenção de taxas elevadas de síntese proteica muscular (SPM), entre sujeitos treinados e não treinados, após uma sessão de TF (CHESLEY et al., 1992; MACDOUGALL et al., 1995; PHILLIPS et al., 1997; TANG et al., 2008; DAMAS et al., 2015; DANKEL et al., 2017).

Por exemplo, Phillips et al. (1997) investigando sujeitos não treinados, após a realização de 8 séries de 8 repetições do exercício extensão de joelhos a 80% 1RM, verificaram que as taxas de SPM ainda estavam elevadas 48 horas após a realização da sessão de TF. Já Chesley et al. (1992) e MacDougall et al. (1995) utilizando sujeitos treinados, que realizaram 12 séries até a falha concêntrica de exercícios para os músculos flexores do cotovelo a 80% 1RM, encontraram níveis elevados na taxa de SPM 24 horas após a sessão de TF, sendo que estes níveis já se encontravam em valores de repouso transcorridas 36 horas pós-sessão. Considerando-se que a hipertrofia muscular pode ser resultante de períodos acumulados de aumentos na taxa de SPM pós-exercício (PHILLIPS, 2004; SHEPSTONE et al., 2005; MITCHELL et al., 2014; PHILLIPS, 2014; DAMAS et al., 2015; DAMAS et al., 2016; DANKEL et al., 2017), mantê-la elevada através de uma maior frequência de treinamento, poderia aumentar o conteúdo de proteína miofibrilar, gerando assim um efeito positivo sobre tal adaptação (SCHOENFELD et al., 2015).

A partir das evidências citadas, parece razoável sugerir que sujeitos previamente treinados tenham necessidade de realizar seus treinamentos mais frequentemente, não apenas com o intuito de aumentar o desempenho de força, como também o de alcançar melhores resultados em hipertrofia muscular.

2. OBJETIVO

Comparar as alterações no desempenho de força dinâmica máxima (1RM) dos membros inferiores e na área de secção transversa (AST) do músculo quadríceps femoral, após a realização de um programa de treinamento de força distribuído em diferentes frequências semanais (*i.e.*, uma e três vezes), em um grupo de indivíduos previamente treinados em força.

3. REVISÃO DE LITERATURA

O treinamento de força (TF) é amplamente usado para aumentar o desempenho atlético, melhorar a saúde músculo esquelética e alterar a estética corporal (DESCHENES e KRAEMER, 2002; HAYES et al., 2013; NACLERIO et al., 2013; SOONESTE et al., 2013). No passado, a maioria dos programas de TF era baseada quase que inteiramente nas experiências práticas de técnicos e atletas, e a divulgação destes programas sem um devido suporte científico confundia não somente os praticantes iniciantes, como também os atletas mais experientes (TAN, 1999).

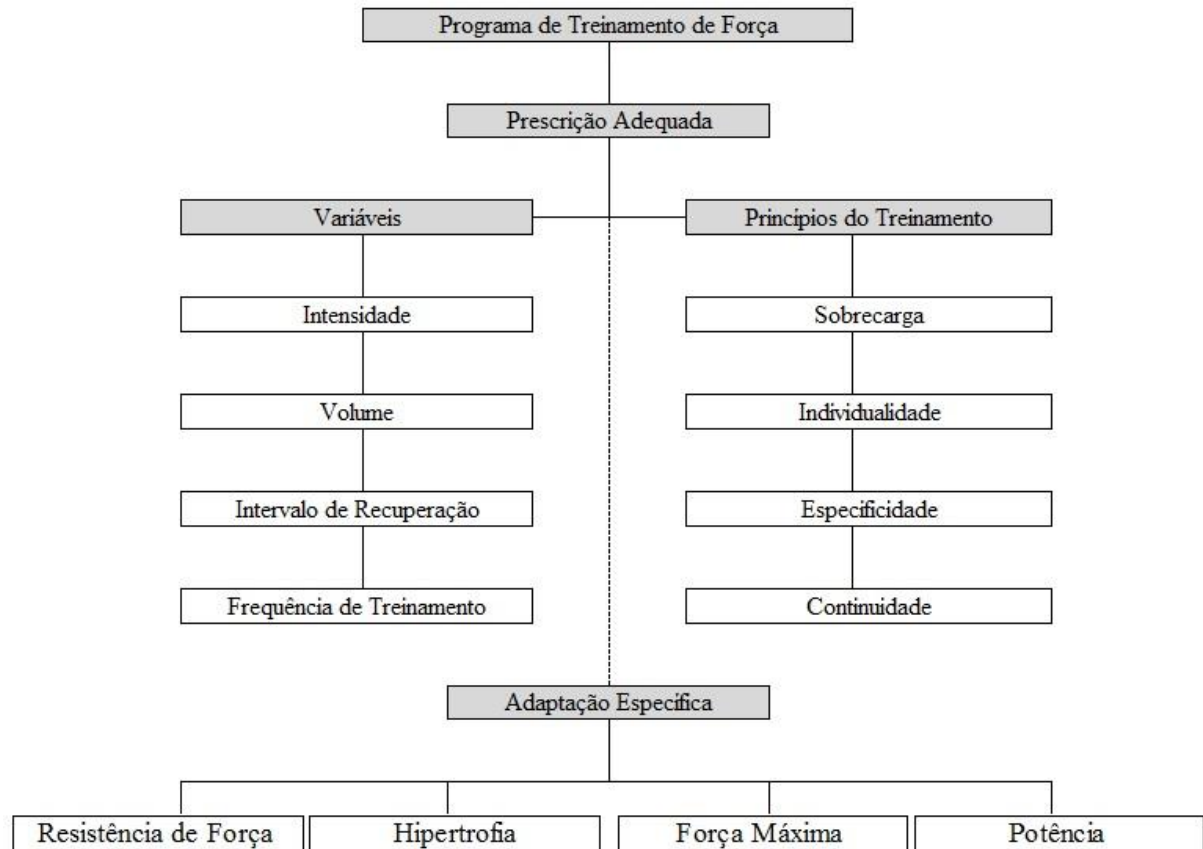
Atualmente, boa parte do conhecimento científico relacionado ao TF tem sido direcionada ao estudo das diferentes formas de organização dos programas de treinamento, e ao esclarecimento dos mecanismos responsáveis pelo aumento da área de secção transversa da musculatura esquelética (*i.e.*, hipertrofia), em indivíduos fisicamente ativos e atletas (ACSM, 2009; MIYAZAKI e ESSER, 2009; SCHOENFELD, 2010; FISHER et al., 2011; SCHOENFELD, 2012; FISHER et al., 2013; SCHOENFELD, 2013; PHILLIPS, 2014; DAMAS et al., 2015; DAMAS et al., 2016).

Um programa de TF efetivo depende de um processo complexo que incorpora a manipulação e o controle de variáveis agudas, bem como a compreensão e correta aplicação dos princípios científicos do treinamento (HASS et al., 2001; BIRD et al., 2005; MONTEIRO et al., 2005). As diferentes maneiras com que tais variáveis são organizadas e manipuladas dentro dos programas de treinamento, geram respostas diferenciadas no desempenho de força e na alteração da quantidade de massa muscular (Figura 1). Além disso, é importante reconhecer que o estado inicial de treinamento (*i.e.*, não treinado ou treinado) também influencia na magnitude destas respostas, pois à medida que um indivíduo se torna mais treinado, maior é a quantidade de estímulo necessário para gerar adaptação (DESCHENES e KRAEMER, 2002; KRAEMER e RATAMESS, 2004; ACSM, 2009; FIGUEIREDO et al., 2017; RALSTON et al., 2017); portanto, aumentar a frequência do TF seria uma maneira eficaz de indivíduos treinados progredirem em seus programas de treinamento (HÄKKINEN e KALLINEN, 1994; RAASTAD et al., 2012).

A sequência de tópicos proposta nesta revisão de literatura pretende contextualizar a variável frequência de treinamento, trazendo as diretrizes disponíveis na literatura especializada quanto a sua manipulação em protocolos de TF que tenham como objetivo aumentar a força e a massa muscular de adultos jovens saudáveis. Em seguida, serão

apresentadas evidências que demonstram a influência da frequência de treinamento sobre o desempenho de força e hipertrofia muscular em indivíduos treinados.

Figura 1 – Prescrição do programa de treinamento de força e sua interdependência com as variáveis agudas e princípios do treinamento para aquisição de adaptações específicas



Fonte: adaptado de BIRD et al. (2005).

3.1. Frequência de treinamento

Uma das principais variáveis manipuladas no TF é a frequência (GILLAM, 1981; HUNTER, 1985). A frequência pode ser definida como o número de sessões de treino realizadas numa semana (HASS et al., 2001; FAIGENBAUM et al., 2002; KRAEMER e RATAMESS, 2004; ACSM, 2009) e normalmente é expressa pelo número de vezes que determinados exercícios ou grupos musculares são treinados neste período (KRAEMER e RATAMESS, 2004; PETERSON et al., 2004; WERNBOM et al., 2007; KRAEMER e FLECK, 2009; SCHOENFELD et al., 2015; SCHOENFELD et al., 2016). A frequência de treinamento é influenciada por vários fatores, tais como intensidade, volume, seleção de

exercícios, número de grupos musculares treinados por sessão e estado de treinamento (HASS et al., 2001; KRAEMER e RATAMESS, 2004; BURT et al., 2007; ACSM, 2009; FISHER et al., 2011).

É muito comum que os programas de TF utilizem frequências semanais que variam entre de dois a seis dias (MCLESTER Jr. et al., 2003; KRAEMER e RATAMESS, 2004; ACSM, 2009), onde cada grupo muscular em específico é treinado de duas a três vezes neste período (RHEA et al., 2003; PETERSON et al., 2004; PETERSON et al., 2005).

Segundo o posicionamento do *American College of Sports Medicine* (2009), as recomendações quanto às frequências de TF, para que sejam observados aumentos na força e hipertrofia muscular em adultos jovens saudáveis, devem levar em consideração três categorias de indivíduos: iniciantes, intermediários e avançados.

Para os iniciantes, recomenda-se que as sessões de TF contenham exercícios para o corpo todo, sendo as mesmas realizadas entre dois e três dias na semana (CARROLL et al., 1998; CANDOW e BURKE, 2007). A progressão para categoria intermediária parece não necessitar de uma mudança marcante com que cada grupo muscular é treinado, podendo ser mais dependente de alterações em outras variáveis agudas, tais como seleção de exercícios, volume e intensidade (KRAEMER e RATAMESS, 2004; ACSM, 2009). Assim sendo, indivíduos categorizados como intermediários, devem treinar três dias na semana, usando exercícios para o corpo todo, ou ainda quatro dias, usando alguma espécie de rotina dividida, onde cada grande grupo muscular fosse treinado duas vezes por semana (ACSM, 2009).

Já para indivíduos avançados e atletas de elite como levantadores de peso e fisiculturistas é comum o uso de altas frequências de treinamento (*i.e.*, quatro a seis sessões por semana ou mais) (HÄKKINEN e KALLINEN, 1994; HARTMAN et al., 2007; RAASTAD et al., 2012; RIBEIRO et al., 2015). A utilização de altas frequências de treinamento permitiria a distribuição do volume total de treinamento em um número maior de sessões ao longo da semana, além de diminuir o tempo de duração das mesmas, possibilitando desta maneira um treinamento de maior intensidade e desempenho, em consequência de um menor estado de fadiga (ACSM, 2009; KRAEMER e FLECK, 2009; RIBEIRO et al., 2015).

Portanto, para indivíduos avançados recomenda-se que as sessões de TF aconteçam entre quatro e seis dias na semana, sendo que atletas de elite poderiam fazer uso de frequências mais altas de treinamento, como por exemplo, realizar duas sessões de treino em

um dia, entre quatro e cinco dias na semana (HÄKKINEN e KALLINEN, 1994; KRAEMER e RATAMESS, 2004; HARTMAN et al., 2007; ACSM, 2009; RAASTAD et al., 2012; RIBEIRO et al., 2015).

É importante notar que durante programas de treinamento com altas frequências, opta-se por rotinas divididas onde somente determinados exercícios e/ou grupos musculares são treinados em cada sessão. A frequência de treinamento é uma importante variável, e quando manipulada de forma inadequada pode comprometer as adaptações decorrentes do TF, ou ainda, aumentar o risco de prejuízos provenientes do excesso de treinamento (FAIGENBAUM et al., 2002).

3.2. Frequência de treinamento e desempenho de força em indivíduos treinados

De acordo com Williams et al. (2017), a frequência de treinamento está positivamente associada com as mudanças na força dinâmica máxima (1RM). De fato, muitos estudos mostraram que as maiores frequências de treinamento foram mais eficazes para gerar aumentos no desempenho de força (GILLAM, 1981; HUNTER, 1985; GRAVES et al., 1988; BRAITH et al., 1989; HOFFMAN et al., 1990; POLLOCK et al., 1993; HÄKKINEN e KALLINEN, 1994; MCLESTER Jr. et al., 2000; FAIGENBAUM et al., 2002; RAASTAD et al., 2012; FARINATTI et al., 2013; PADILHA et al., 2015; SERRANO, 2016; TURPELA et al., 2017); contudo, a maioria destes foi realizada com indivíduos não treinados (GILLAM, 1981; HUNTER, 1985; GRAVES et al., 1988; BRAITH et al., 1989; POLLOCK et al., 1993; FAIGENBAUM et al., 2002; FARINATTI et al., 2013; PADILHA et al., 2015; SERRANO, 2016; TURPELA et al., 2017), crianças (FAIGENBAUM et al., 2002), idosos (FARINATTI et al., 2013; PADILHA et al., 2015; SERRANO, 2016; TURPELA et al., 2017) ou ainda, não equalizaram o volume total de treinamento em suas comparações (GILLAM, 1981; GRAVES et al., 1988; BRAITH et al., 1989; HOFFMAN et al., 1990; POLLOCK et al., 1993; FAIGENBAUM et al., 2002; FARINATTI et al., 2013; PADILHA et al., 2015; SERRANO, 2016; TURPELA et al., 2017), impossibilitando generalizações do seus resultados para indivíduos treinados, além de dificultar o entendimento do efeito desta variável de forma isolada.

Além disso, indivíduos não treinados apresentaram ganhos de força similares quando os volumes do TF foram equalizados, em comparações realizadas com frequências semanais de uma ou duas vezes (GENTIL et al., 2015; TAVARES et al., 2017a); uma ou três vezes

(SUNAGA et al., 2016); uma, duas ou três vezes (ARAZI e ASADI, 2011); duas ou três vezes (CARROLL et al., 1998; DIBREZZO et al., 2002; CANDOW e BURKE, 2007); duas ou quatro vezes (CALDER et al., 1994); duas, três ou cinco vezes (BARCELOS, 2017); e três ou quatro vezes (BENTON et al., 2011).

Até o momento, dois foram os estudos que compararam protocolos de TF com diferentes frequências semanais, volumes de treinamento equalizados, tendo como sujeitos indivíduos treinados (MCLESTER Jr. et al., 2000; SCHOENFELD et al., 2015).

McLester Jr. et al. (2000) utilizaram um protocolo de TF onde cada grupo muscular foi treinado uma ou três vezes na semana. Ao final do período de intervenção de 12 semanas, os aumentos percentuais no teste de 1RM foram em média 20,2% e 32,4% nos cinco exercícios realizados para os membros superiores (MMSS), e 23,5% e 37,4% nos quatro exercícios realizados para os membros inferiores (MMII) nos grupos que realizaram TF com frequências semanais de uma e três vezes, respectivamente. Independente destas diferenças percentuais, somente para o exercício *leg press* foi demonstrada diferença estatisticamente significativa nos valores de 1RM, onde o grupo que treinou este exercício três vezes na semana aumentou 46,1% em comparação aos 22,3% alcançados pelo grupo que treinou apenas uma vez. Schoenfeld et al. (2015) também compararam sessões de TF onde cada grupo muscular foi treinado uma (SPLIT) ou três vezes (TOTAL) na semana. Após um período de intervenção de oito semanas, não houve diferenças estatisticamente significantes nos aumentos percentuais de 1RM nos exercício supino (6,8% e 10,2%) e agachamento (10,6% e 11,3%), para o grupo SPLIT e TOTAL, respectivamente.

Algumas considerações podem ser feitas a respeito dos trabalhos anteriormente citados. No trabalho de McLester Jr. et al. (2000) foi utilizado um volume semanal total baixo comparado com as rotinas tipicamente usadas por indivíduos treinados, com os sujeitos realizando somente três séries semanais por grupo muscular em aproximadamente 89% do protocolo de TF. No mais, o grupo que realizou o TF uma vez na semana, aparentemente, continha sujeitos mais experientes, além de maiores valores iniciais de 1RM. No estudo de Schoenfeld et al. (2015), apesar das diferenças nas frequências semanais com que cada grupo muscular em específico foi treinado (*i.e.*, uma e três vezes), verifica-se uma mesma frequência de treinamento (*i.e.*, uma vez) nos exercícios utilizados para testar o desempenho de força (*i.e.*, supino e agachamento). Ao que parece, uma maior frequência de estimulação de um

engrama motor¹ específico, como por exemplo, os exercícios de avaliação do desempenho, poderia ser responsável em promover melhores resultados na força muscular (HÄKKINEN e KALLINEN, 1994; WILLIAMS et al., 2017).

Outras tentativas de comparar diferentes frequências de treinamento, tendo como sujeitos indivíduos treinados, mostraram limitações como, por exemplo, a curta duração do experimento (entre três e seis semanas) (HÄKKINEN e KALLINEN, 1994; HARTMAN et al., 2007; RIBEIRO et al., 2015); falta de informações precisas quanto ao protocolo de treinamento utilizado (HÄKKINEN e KALLINEN, 1994; RAASTAD et al., 2012) e do volume total de treinamento (HÄKKINEN e KALLINEN, 1994; RAASTAD et al., 2012; RIBEIRO et al., 2015; THOMAS e BURNS, 2016); ou ainda, tiveram a frequência de treinamento de cada um dos exercícios e/ou grupos musculares em específico exatamente a mesma, fazendo com que as diferentes frequências fossem configuradas apenas pelo número de sessões que um mesmo programa de exercícios foi dividido (HARTMAN et al., 2007; RIBEIRO et al., 2015).

Portanto, fica evidente a necessidade de estudar a variável frequência de treinamento em sujeitos treinados, a partir de desenhos experimentais onde os protocolos de TF sejam organizados com volumes de treinamento equalizados e mais próximos àqueles aplicados na prática, além de garantir, principalmente com relação ao desempenho de força, que o(s) exercício(s) utilizado(s) como critério de avaliação, seja(m) também treinado(s) em frequências distintas.

3.3. Frequência de treinamento e hipertrofia muscular em indivíduos treinados

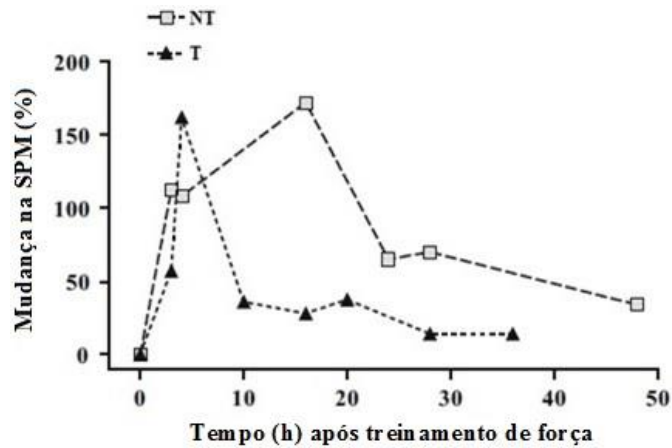
A hipertrofia muscular é uma das adaptações ao TF que atrai maior interesse na comunidade científica atualmente, sendo também um dos objetivos mais desejados entre atletas envolvidos em esportes de força e potência, como por exemplo, o futebol americano, o rúgbi e o levantamento de peso. Além disso, o aumento da massa muscular também é importante para fisiculturistas e indivíduos que almejam alterar a composição corporal, os aspectos estéticos (KRAEMER e RATAMESS, 2004; SCHOENFELD, 2010) e a saúde (HASS et al., 2001; BIRD et al., 2005; ACSM, 2009; PHILLIPS e WINETT, 2010).

¹ Registro neural da memória motora (XIVRY e SHADMEHR, 2014).

Como mencionado anteriormente, é provável que sujeitos treinados exijam maiores frequências de TF em comparação aos sujeitos não treinados, especialmente em relação aos ganhos em hipertrofia muscular (HÄKKINEN e KALLINEN, 1994; MCLESTER Jr. et al., 2000; KRAEMER e RATAMESS, 2004; ACSM, 2009; RAASTAD et al., 2012; SCHOENFELD et al., 2015). Entre os estudos com volumes de treinamento equalizados, e diferentes frequências com que cada grupo muscular realizou o TF, McLester Jr. et al. (2000), encontraram diferença estatística entre aumentos de massa muscular, em favor da maior frequência de treinamento, sendo estes de 1,4% e 7,5% para as sessões de TF realizadas uma e três vezes por semana, respectivamente. De maneira similar, Schoenfeld et al. (2015), verificaram que os aumentos percentuais na espessura dos músculos avaliados (*i.e.*, vasto lateral, flexores e extensores do cotovelo) foram maiores quando estes músculos treinaram mais frequentemente; contudo, resultado estatisticamente significativo somente foi encontrado no grupo que treinou os músculos flexores do cotovelo três vezes por semana (TOTAL = 6,5%) em comparação àquele que treinou somente uma vez (SPLIT = 4,4%). Independentemente dos estudos supracitados não terem utilizado técnicas de medida da hipertrofia muscular de melhor precisão, tal como as imagens por ressonância magnética, tais inferências corroboram com a ideia que as maiores frequências de TF sejam realmente necessárias quando se pretende aumentar a massa muscular.

Uma justificativa para que os sujeitos treinados tenham a necessidade de realizar seus treinamentos mais frequentemente, pode estar no fato que o estado de treinamento parece conferir diferentes períodos de manutenção de taxas elevadas de síntese proteica muscular (SPM) após uma sessão de TF (Figura 2) (CHESLEY et al., 1992; MACDOUGALL et al., 1995; PHILLIPS et al., 1997; TANG et al., 2008; DAMAS et al., 2015; DANKEL et al., 2017).

Figura 2 – Períodos de manutenção de taxas elevadas de síntese proteica muscular



Legenda: NT - não treinados; T - treinados; SPM - síntese proteica muscular; h - horas.
 Fonte: adaptado de DAMAS et al. (2015).

Phillips et al. (1997) investigando sujeitos não treinados, após a realização de 8 séries de 8 repetições do exercício extensão de joelhos a 80% 1RM, verificaram que as taxas de SPM ainda estavam elevadas 48 horas após a sessão de TF. Já Chesley et al. (1992) e MacDougall et al. (1995) utilizando sujeitos treinados, que realizaram 12 séries até a falha muscular de exercícios para os músculos flexores do cotovelo a 80% 1RM, encontraram níveis elevados na taxa de SPM por 24 horas após a sessão de TF, sendo que estes níveis já se encontravam em valores de repouso transcorridas 36 horas pós-sessão. Teoricamente, a manutenção de taxas elevadas de síntese proteica ao longo de cada semana aumentaria o conteúdo de proteína miofibrilar, gerando um efeito positivo sobre o tamanho do músculo (SCHOENFELD et al., 2015). Partindo da premissa que o estado de treinamento altera o tempo de manutenção de taxas elevadas de SPM (TANG et al., 2008; DAMAS et al., 2015; DANKEL et al., 2017) e que os ganhos em massa muscular ocorrerão devido a aumentos crônicos nestas taxas após o exercício (PHILLIPS, 2004; SHEPSTONE et al., 2005; MITCHELL et al., 2014; PHILLIPS, 2014; DAMAS et al., 2015; DAMAS et al., 2016; DANKEL et al., 2017), parece razoável sugerir que sujeitos treinados realizem o TF em maiores frequências semanais, a fim de alcançarem melhores resultados em hipertrofia muscular.

A partir das evidências apresentadas nesta revisão, pode-se especular que a utilização de maiores frequências de TF proporciona condições favoráveis para que indivíduos treinados alcancem melhores resultados tanto em força quanto em hipertrofia muscular.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Amostra

Foram selecionados 28 sujeitos do sexo masculino, treinados em força, com idades entre 18 e 35 anos. Conforme critério de inclusão, todos os sujeitos obtiveram desempenho no teste de força dinâmica máxima (1RM), no exercício meio-agachamento, equivalente ou maior a uma vez e meia a sua massa corporal e, além disso, estavam isentos de problemas de ordem muscular, articular e outros que os impedissem de participar ou que pudessem afetar os resultados do estudo. Nenhum dos sujeitos realizou avaliação clínica e/ou médica antes de iniciar o estudo, pois a necessidade ou não de tais intervenções foi verificada a partir das respostas concedidas no questionário de prontidão para atividade física – PAR-Q.

Quatro voluntários não concluíram o estudo por motivos pessoais (*i.e.*, dificuldade em conciliar os horários dos treinos com as rotinas de trabalho e/ou estudos); portanto, a análise dos resultados foi feita com os dados de 24 sujeitos (Tabela 1) que realizaram todos os procedimentos experimentais.

Tabela 1 – Caracterização da amostra (n=24).

Idade (anos)	Massa Corporal (kg)	Estatura (cm)	Experiência com Treinamento de Força (anos)	1RM x Massa Corporal (meio-agachamento)
26,0 ± 4,0	85,8 ± 15,0	177,4 ± 6,6	6,2 ± 4,2	2,1 ± 0,4

Legenda: **1RM** - força dinâmica máxima.

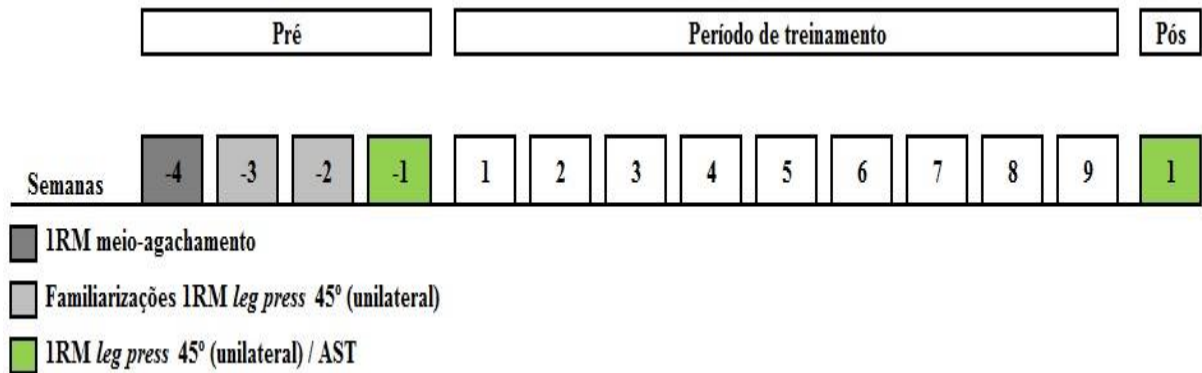
Todos os sujeitos participaram voluntariamente do estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido contendo informações sobre os procedimentos experimentais, possíveis riscos e benefícios envolvidos. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

4.2. Procedimentos experimentais

A quatro semanas do início do período de treinamento, foram realizadas duas sessões de teste de 1RM no exercício meio-agachamento utilizando o equipamento *Smith Machine* (Hammer Strength®, Rosemont, IL, USA), sendo estas separadas por um intervalo de 72 horas. Para garantir a reprodutibilidade do teste, *steps* de alturas variadas (*i.e.*, 5, 10 e 15 cm) foram utilizados para determinar a amplitude de movimento (*i.e.*, ~ 90° de flexão dos joelhos), além de fitas adesivas fixadas no solo para o posicionamento dos pés. Este teste foi utilizado somente para determinar o estado de treinamento e a seleção dos indivíduos. Na semana seguinte, foram iniciadas as sessões de familiarização com o teste de 1RM no exercício *leg press* 45° (unilateral). A fim de encontrar um valor considerado estável em tal teste (variação \leq a 5% nos valores encontrados), foram disponibilizadas no mínimo duas e no máximo quatro sessões para realização destas familiarizações, sendo estas separadas por um intervalo mínimo de 48 horas. Na semana precedente ao início do treinamento, todos os sujeitos que atenderam aos critérios de seleção realizaram duas sessões de avaliação, em dois dias distintos, onde foram realizados o teste de 1RM no exercício *leg press* 45° (unilateral) e as medidas de área de secção transversa (AST) do músculo quadríceps femoral. Os sujeitos foram classificados a partir do intervalo de variação (*i.e.*, classe) de cada variável dependente (*i.e.*, força e hipertrofia muscular), e após isto, foram distribuídos de forma balanceada em duas condições: **TFVE** - treinamento de força com volumes equalizados e, **TFVN** - treinamento de força com volumes não equalizados. Todos os sujeitos realizaram o exercício *leg press* 45° (unilateral) como único exercício do protocolo de TF, e deste modo, cada um dos membros inferiores (MMII) foi submetido a uma das frequências semanais de treinamento propostas (*i.e.*, uma e três vezes).

Na semana subsequente ao término do período de treinamento de nove semanas, sessões de avaliação com os mesmos procedimentos das primeiras foram realizadas (Figura 3). Um intervalo mínimo de 48 horas foi utilizado, tanto entre as sessões de avaliação pré e pós, quanto entre estas e o período de treinamento. Todos os sujeitos foram orientados a manterem seus hábitos alimentares, e não iniciarem nenhum outro programa de exercícios de TF para os MMII. Além disso, não deveriam fazer uso de suplementos alimentares de qualquer categoria, de fármacos, de esteróides anabólicos ou de outros hormônios durante o período experimental.

Figura 3 – Ilustração dos procedimentos experimentais do estudo



Legenda: **IRM** - teste de força dinâmica máxima; **AST** - área de secção transversa.

4.3. Teste de força dinâmica máxima (IRM) no exercício *leg press* 45°

O teste de IRM foi realizado unilateralmente no exercício *leg press* 45°. Para a realização do teste foram seguidas as orientações da Sociedade Americana de Fisiologia do Exercício (BROWN e WEIR, 2001).

Os sujeitos realizaram um aquecimento geral em esteira (ergométrica E750; Movement®, Pompeia, SP, Brasil) com corrida a 9 km/h durante cinco minutos. Em seguida realizaram um aquecimento específico no exercício *leg press* 45°, composto de uma série de oito repetições com 50% IRM estimado e uma série de três repetições com 70% IRM estimado, com dois minutos de intervalo entre as séries. O teste de IRM foi iniciado três minutos após o término do aquecimento específico. O teste avaliou a quantidade máxima de peso que pôde ser levantada em um ciclo completo de movimento, que teve início e fim com os joelhos em extensão completa, sendo que na fase excêntrica do movimento, os joelhos atingiram 90° de flexão antes de iniciar o movimento da fase concêntrica (*i.e.*, extensão).

Os ajustes no equipamento *leg press* 45° (Movement®, Pompeia, SP, Brasil), para cada um dos sujeitos, foram determinados na primeira sessão de familiarização. A altura do encosto foi ajustada conforme preferência individual. Os pés foram posicionados no terço médio da plataforma do equipamento, e de acordo com a posição que garantisse maior conforto, deveria ficar na posição paralela (*i.e.*, projeção vertical da linha traçada a partir da espinha ilíaca ântero-inferior) ou neutra (*i.e.*, projeção vertical da linha traçada a partir da linha axilar anterior). Para determinação da amplitude de movimento de 90° de flexão do joelho, utilizou-se um goniômetro (Shopfisio®, Mogi Guaçu, SP, Brasil), e este ponto foi

demarcado com auxílio de uma fita métrica e de um marcador colocados na coluna lateral esquerda do equipamento. A fim de garantir a reprodutibilidade dos testes subsequentes, todos estes ajustes foram registrados nas fichas de avaliação dos sujeitos.

O valor de 1RM foi determinado em no máximo cinco tentativas com três minutos de intervalo entre elas. Os sujeitos foram encorajados verbalmente para a realização do máximo desempenho. O erro padrão da medida (EPM) entre os testes de 1RM (*i.e.*, última sessão de familiarização e avaliação pré-período de treinamento) foi de 5,0 kg, que resultou em uma mínima diferença (MD) a ser considerada de 13,7 kg.

4.4. Medidas antropométricas

As medidas antropométricas foram realizadas no início do estudo para caracterização da amostra. A massa corporal e a estatura dos sujeitos foram medidas com balança digital (Oxer®, Extrema, MG, Brasil) e estadiômetro portátil (Seca®, Forquilha, SC, Brasil) respectivamente.

4.5. Medida da área de secção transversa (AST) do músculo quadríceps femoral

A medida de AST do músculo quadríceps femoral foi obtida por meio de imagem de ressonância magnética (Signa LX 9.1; GE Healthcare®, Milwaukee, WI, USA) realizada em ambos MMII. Os sujeitos foram posicionados em decúbito dorsal com os joelhos estendidos. Uma faixa foi colocada nos pés dos sujeitos, a fim de conter o movimento de rotação externa do quadril durante a medida. Inicialmente foi obtida uma imagem de referência da distância perpendicular entre o trocanter maior e a borda inferior do epicôndilo lateral do fêmur, a qual foi definida como o comprimento do segmento. A AST foi medida em 50% do comprimento do segmento com espessura de corte de escaneamento de 0,8 cm de 3 s de duração. A sequência de pulsos foi realizada com um campo de visão entre 400 e 420 mm, tempo de repetição de 350 ms, tempo de eco de 9 a 11 ms, duas aquisições de sinal, e uma matriz de reconstrução de 256 x 256 mm. A AST foi determinada usando planimetria computadorizada (Advantage Workstation 4.3; GE Healthcare®, Milwaukee, WI, USA). A imagem obtida foi dividida em músculo esquelético, osso e tecido adiposo subcutâneo. Em seguida a AST do músculo quadríceps femoral foi determinada subtraindo o osso e a área de tecido adiposo subcutâneo. As imagens de ressonância magnética do músculo quadríceps femoral foram

traçadas (OsiriX Lite; Pixmeo Sarl®, Bernex, GE, Suíça) em duplicata por um pesquisador especializado, e o valor médio entre as duas medidas foi utilizado para posterior análise. O EPM foi de 0,2 cm², que resultou em uma MD a ser considerada de 0,6 cm².

4.6. Protocolo de treinamento de força

O exercício *leg press* 45° (unilateral) foi o único exercício do protocolo de TF, e deste modo, cada um dos MMII foi submetido a uma das frequências semanais de treinamento propostas (*i.e.*, uma e três vezes). Os sujeitos foram distribuídos em duas condições: **TFVE** - treinamento de força com volumes equalizados e, **TFVN** - treinamento de força com volumes não equalizados (Quadro 1). O treinamento teve duração de nove semanas, e todos os sujeitos realizaram a mesma variação quanto ao número de séries e repetições máximas (RM) ao longo do período de treinamento (Quadro 2).

Quadro 1 – Organização semanal do treinamento.

Frequência de treinamento	Sessões de treinamento semanais			Recuperação entre sessões
	1	2	3	
1x/semana (TFVE/TFVN)	9 séries <i>leg press</i> 45° (unilateral)			Intra-semana = ∅ Inter-semana = 168 horas
3x/semana (TFVE/TFVN)	3 séries <i>leg press</i> 45° (unilateral)	3 séries <i>leg press</i> 45° (unilateral)	3 séries <i>leg press</i> 45° (unilateral)	Intra-semana = 48 horas Inter-semana = 72 horas

Legenda: TFVE - treinamento de força com volumes equalizados; TFVN - treinamento de força com volumes não equalizados.

Quadro 2 – Distribuição do número de séries e repetições ao longo das nove semanas de treinamento.

Semanas	Séries	Repetições
1 – 3	9	12RM
4 – 6	9	10RM
7 – 9	9	8RM

Todas as sessões de treinamento foram iniciadas com um aquecimento geral em esteira ergométrica (E720; Movement®, Pompeia, SP, Brasil) com corrida a 9 km/h, ou em bicicleta ergométrica (E540; Movement®, Pompeia, SP, Brasil), com velocidade entre 60 e 70 RPMs e carga de 50 W, durante cinco minutos. Em seguida, foi realizado um aquecimento específico no exercício *leg press* 45° (unilateral), onde uma série de quinze repetições a 50% do peso correspondente a primeira série da sessão foi utilizado (FERMINO et al., 2005). Na primeira sessão de treinamento de cada semana, todos os sujeitos realizaram o treinamento para ambos os MMII, sendo que o MI destinado ao treinamento de menor frequência semanal (*i.e.*, uma vez) iniciou o treinamento realizando suas nove séries totais. Na sequência, o MI destinado ao treinamento de maior frequência semanal (*i.e.*, três vezes), realizou suas três primeiras séries, e este por sua vez teve outras duas sessões de treinamento onde foram realizadas mais três séries em cada uma delas, completando assim suas nove séries semanais. Um intervalo de dois minutos foi respeitado entre o aquecimento e o início do protocolo de treinamento, bem como entre as demais séries realizadas na sessão. Ajustes de carga (*i.e.*, acréscimo ou redução do peso) foram realizados quando necessário, para que os sujeitos realizassem o número de RM determinado.

4.7. Tratamento estatístico

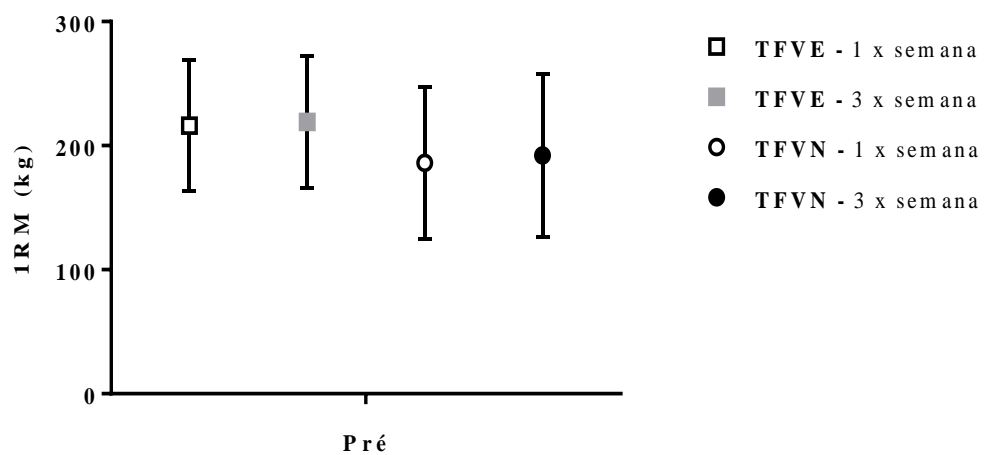
Inicialmente os dados foram analisados quantitativa e visualmente quanto a sua distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk. Uma vez confirmada a normalidade dos dados, uma ANOVA *one-way* foi utilizada para testar se as condições experimentais apresentavam diferenças iniciais nos valores de 1RM no exercício *leg press* 45° (unilateral) e AST do músculo quadríceps femoral. Para avaliar o efeito das diferentes frequências semanais de TF nos valores de 1RM e AST, foi utilizado um modelo misto para medidas repetidas tendo a frequência semanal (*i.e.*, uma e três vezes) e o tempo (*i.e.*, pré e pós-treinamento) como fatores fixos, e os sujeitos como fator aleatório. Quando um valor significante de F foi encontrado, *post hoc* de Tukey foi utilizado para comparações múltiplas. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$. Os dados foram reportados de acordo com a estatística descritiva média e desvio padrão (SAS 9.3; SAS Institute Inc.®, Cary, NC, USA). O coeficiente de variação (CV) foi utilizado quando os valores individuais de 1RM e AST foram demonstrados.

Os aumentos além da MD a ser considerada, tanto nos valores de 1RM como também na AST, foram reportados nas diferentes frequências semanais de TF nas condições **TFVE** e **TFVN**. Por fim, o *effect size* (ES) e o intervalo de confiança (IC) foram calculados a partir da média e desvio padrão das diferenças absolutas pós-treinamento (Δ) nos valores de 1RM e AST (R version 3.3.2; The R Foundation for Statistical Computing®, Vienna, NÖ, Áustria). A partir disso, foram realizadas comparações entre as diferentes frequências semanais de TF nas condições **TFVE** e **TFVN**. O ES foi classificado em insignificante (<0,19), pequeno (0,20 - 0,49), médio (0,50 - 0,79) e grande (0,80 - 1,29) (COHEN, 1988). Os limites inferiores e superiores do IC que não cruzaram o zero foram considerados significantes.

5. RESULTADOS

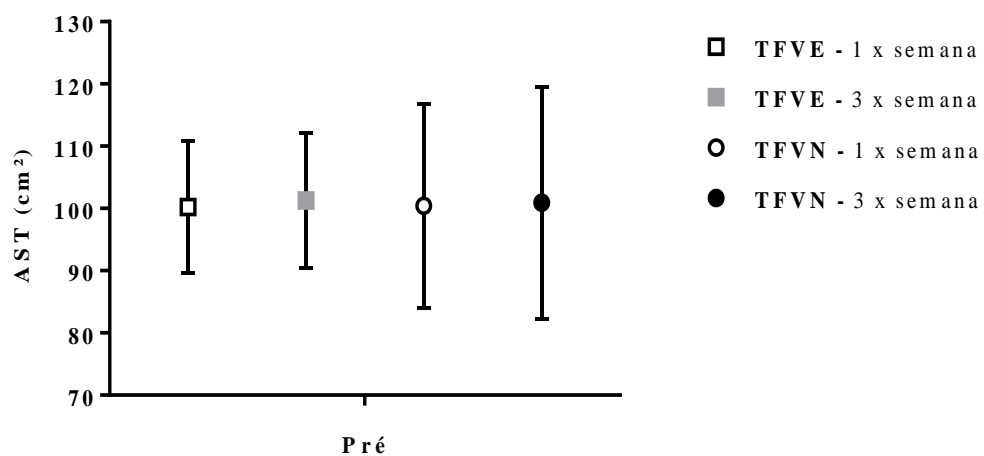
De acordo com ANOVA *one-way*, os valores iniciais de força dinâmica máxima (1RM) no exercício *leg press* 45° (Figura 4) e da área de secção transversa (AST) do músculo quadríceps femoral (Figura 5) não apresentaram diferenças significantes entre as distintas condições.

Figura 4 – Valores iniciais de força dinâmica máxima no exercício *leg press* 45° (unilateral)



Legenda: 1RM - teste de força dinâmica máxima; TFVE - treinamento de força com volumes equalizados; TFVN - treinamento de força com volumes não equalizados. $p=0,422236$.

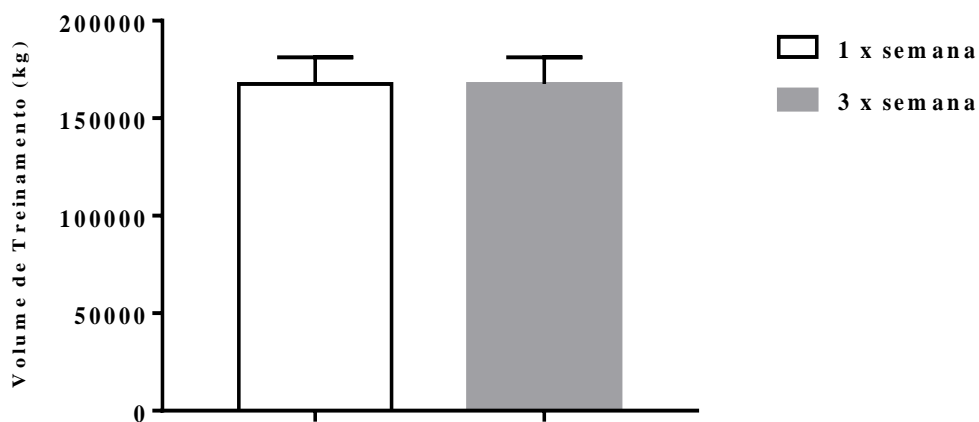
Figura 5 – Valores iniciais da área de secção transversa do músculo quadríceps femoral



Legenda: AST - área de secção transversa; TFVE - treinamento de força com volumes equalizados; TFVN - treinamento de força com volumes não equalizados. $p=0,997850$.

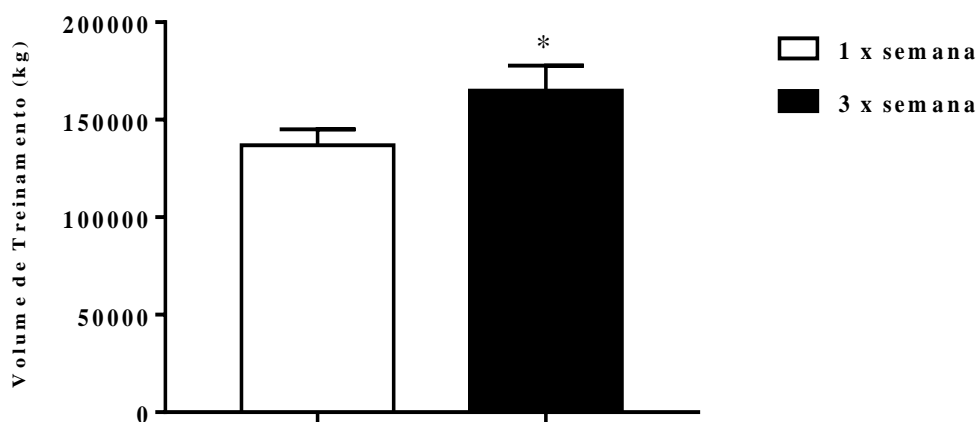
Ao final do período experimental, o volume de treinamento (VT) não apresentou diferenças significantes entre as distintas frequências de treinamento da condição **TFVE** (uma vez por semana = 167.582 ± 13.673 kg; três vezes por semana = 167.586 ± 13.661 kg) (Figura 6), por outro lado, o VT da condição **TFVN** apresentou diferenças significantes entre as mesmas (uma vez por semana = 136.986 ± 8.126 kg; três vezes por semana = 164.894 ± 12.855 kg) (Figura 7).

Figura 6 – Volume de treinamento nas diferentes frequências de TF da condição **TFVE**



Legenda: TF - treinamento de força; **TFVE** - treinamento de força com volumes equalizados. $p=0,999499$.

Figura 7 – Volume de treinamento nas diferentes frequências de TF da condição **TFVN**

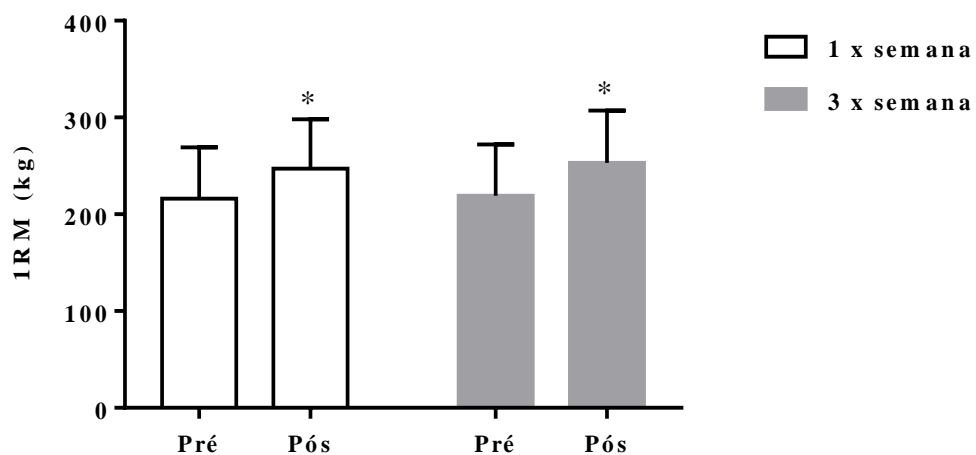


Legenda: TF - treinamento de força; **TFVN** - treinamento de força com volumes não equalizados. * $p=0,000048$.

5.1. Força dinâmica máxima (1RM)

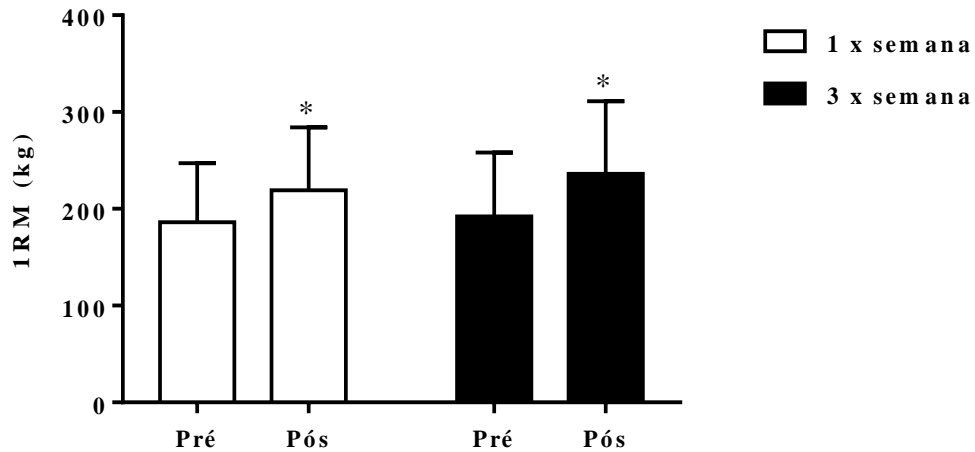
Todas as condições aumentaram significativamente os valores de 1RM no exercício *leg press* 45° no pós-treinamento. Na condição **TFVE** os aumentos foram de $16,0 \pm 10,0\%$ e $17,2 \pm 12,2\%$ para uma e três vezes por semana, respectivamente (Figura 8). Na condição **TFVN** os aumentos foram de $19,4 \pm 13,1\%$ e $24,6 \pm 14,2\%$ para uma e três vezes por semana, respectivamente (Figura 9). Em ambas as condições não foram observadas diferenças significantes entre as diferentes frequências de treinamento de força (TF).

Figura 8 – Força dinâmica máxima no exercício *leg press* 45° (unilateral) nas diferentes frequências de TF da condição **TFVE**



Legenda: TF - treinamento de força; **TFVE** - treinamento de força com volumes equalizados; **1RM** - teste de força dinâmica máxima; 1 x semana (pré = 216 ± 53 kg; pós = 247 ± 51 kg); 3 x semana (pré = 219 ± 53 kg; pós = 253 ± 54 kg). *diferente do pré, $p < 0,001$.

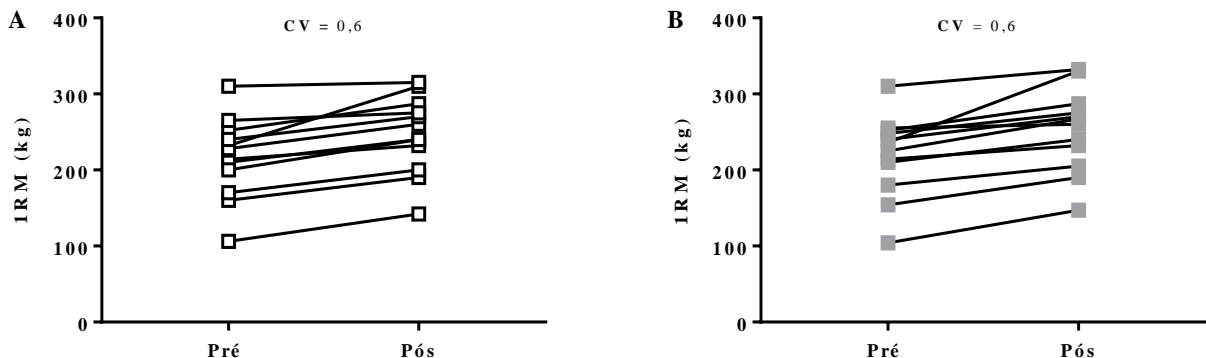
Figura 9 – Força dinâmica máxima no exercício *leg press* 45° (unilateral) nas diferentes frequências de TF da condição **TFVN**



Legenda: TF - treinamento de força; **TFVN** - treinamento de força com volumes não equalizados **1RM** - teste de força dinâmica máxima; 1 x semana (pré = 186 ± 61 kg; pós = 219 ± 65 kg); 3 x semana (pré = 192 ± 66 kg; pós = 236 ± 75 kg). *diferente do pré, $p < 0,001$.

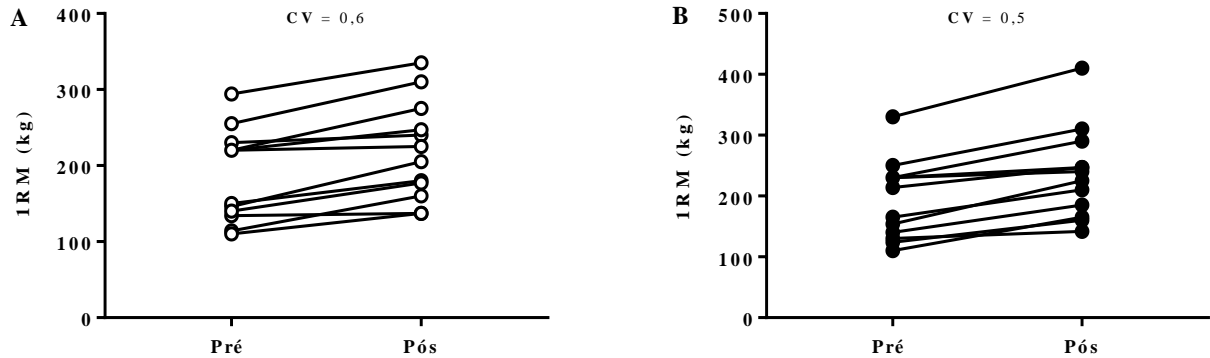
As figuras 10 e 11 demonstram as mudanças individuais nos valores de 1RM no exercício *leg press* 45° nas condições **TFVE** e **TFVN**, respectivamente.

Figura 10 – Valores individuais de força dinâmica máxima no exercício *leg press* 45° (unilateral) nas diferentes frequências de TF da condição **TFVE**



Legenda: TF - treinamento de força; **TFVE** - treinamento de força com volumes equalizados; **1RM** - teste de força dinâmica máxima; **A** - uma vez por semana; **B** - três vezes por semana; **CV** - coeficiente de variação.

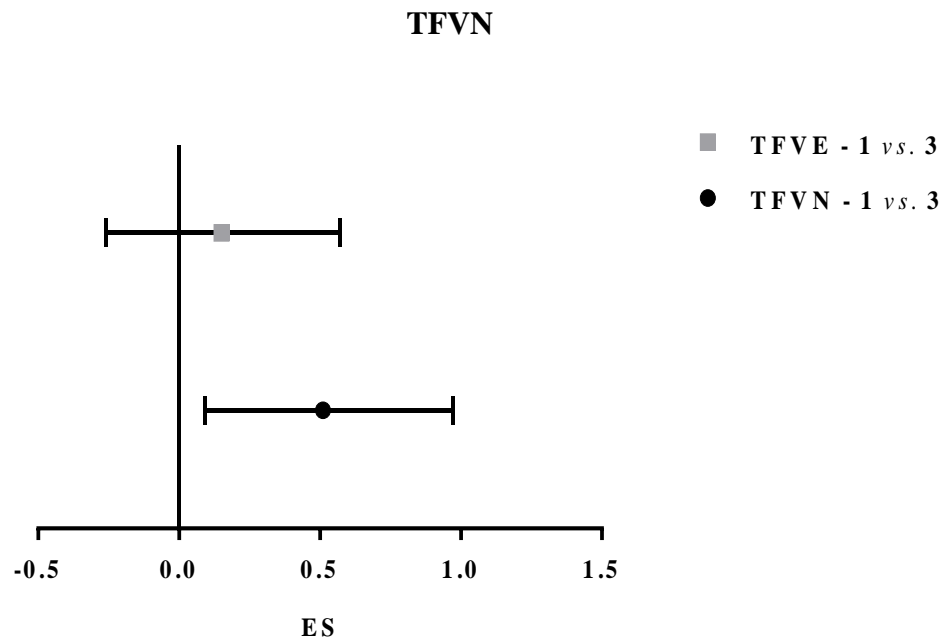
Figura 11 – Valores individuais de força dinâmica máxima no exercício *leg press* 45° (unilateral) nas diferentes frequências de TF da condição **TFVN**



Legenda: TF - treinamento de força; **TFVN** - treinamento de força com volumes não equalizados; **1RM** - teste de força dinâmica máxima; **A** - uma vez por semana; **B** - três vezes por semana; **CV** - coeficiente de variação.

Na condição **TFVE**, o aumento além da mínima diferença (MD) a ser considerada (*i.e.*, 13,70 kg) foi de $17,5 \pm 18,1$ kg e $20,2 \pm 21,6$ kg para uma e três vezes por semana, respectivamente. Para a condição **TFVN**, o aumento além da MD foi de $19,2 \pm 19,5$ kg e $30,0 \pm 22,9$ kg para uma e três vezes por semana, respectivamente. A diferença absoluta pós-treinamento (Δ) nos valores de 1RM na condição **TFVE** foi de $31,2 \pm 18,1$ kg para uma vez por semana e de $33,9 \pm 21,6$ kg para três vezes por semana. Para a condição **TFVN**, o Δ foi de $32,9 \pm 19,5$ kg para uma vez por semana e de $43,7 \pm 22,9$ kg para três vezes por semana. A partir dos valores de Δ , o *effect size* (ES) e o intervalo de confiança (IC) foram calculados para realização de comparações entre as diferentes frequências nas condições **TFVE** e **TFVN** (Figura 12). Os limites inferiores e superiores do IC que não cruzam o zero foram considerados significantes.

Figura 12 – *Effect size* e intervalo de confiança das diferenças absolutas pós-treinamento nos valores de força dinâmica máxima nas diferentes frequências de TF das condições **TFVE** e



Legenda: TF - treinamento de força; **TFVE** - treinamento de força com volumes equalizados; **TFVN** - treinamento de força com volumes não equalizados; **ES** - *effect size*.

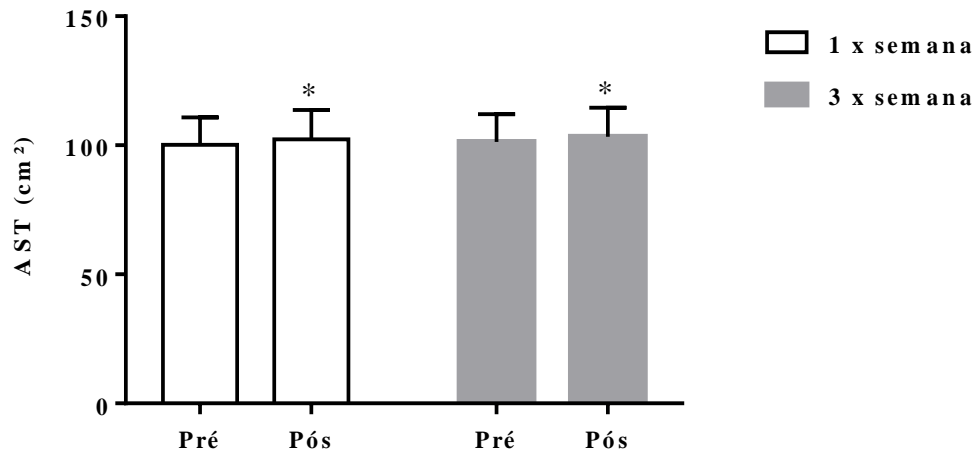
■ **TFVE** = 0,15; intervalo de confiança de 95% do **ES** = - 0,26 a 0,57.

● **TFVN** = 0,51; intervalo de confiança de 95% do **ES** = 0,09 a 0,97.

5.2. Área de secção transversa (AST)

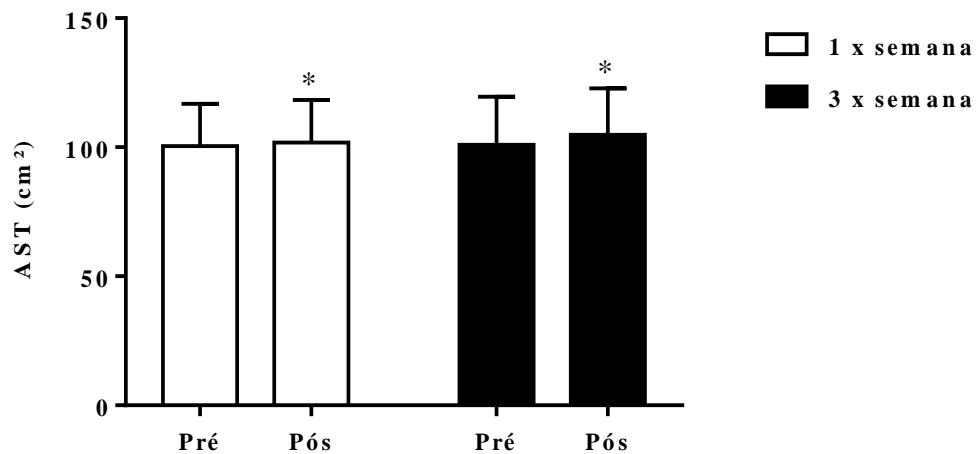
Todas as condições aumentaram significativamente os valores da AST do músculo quadríceps femoral no pós-treinamento. Na condição **TFVE** os aumentos foram de $2,1 \pm 2,1\%$ e $2,0 \pm 2,8\%$ para uma e três vezes por semana, respectivamente (Figura 13). Na condição **TFVN** os aumentos foram de $1,5 \pm 2,6\%$ e $4,1 \pm 5,0\%$ para uma e três vezes por semana, respectivamente (Figura 14). Em ambas as condições não foram observadas diferenças significantes entre as diferentes frequências de TF.

Figura 13 – Área de secção transversa do músculo quadríceps femoral nas diferentes frequências de TF da condição **TFVE**



Legenda: TF - treinamento de força; **TFVE** - treinamento de força com volumes equalizados; **AST** - área de secção transversa; 1 x semana (pré = 100,2 ± 10,6 cm²; pós = 102,3 ± 11,4 cm²); 3 x semana (pré = 101,3 ± 10,8 cm²; pós = 103,3 ± 11,2 cm²). *diferente do pré, $p < 0,001$.

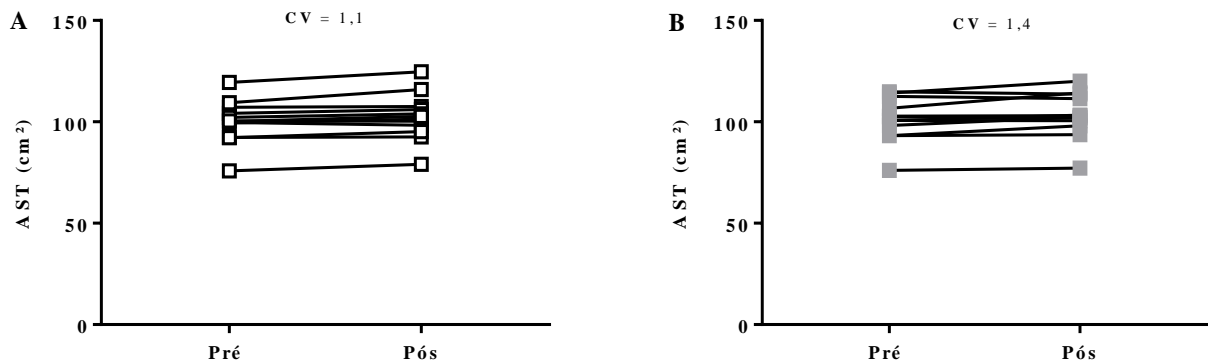
Figura 14 – Área de secção transversa do músculo quadríceps femoral nas diferentes frequências de TF da condição **TFVN**



Legenda: TF - treinamento de força; **TFVN** - treinamento de força com volumes não equalizados; **AST** - área de secção transversa; 1 x semana (pré = 100,4 ± 16,4 cm²; pós = 101,8 ± 16,4 cm²); 3 x semana (pré = 100,9 ± 18,7 cm²; pós = 104,8 ± 17,9 cm²). *diferente do pré, $p < 0,001$.

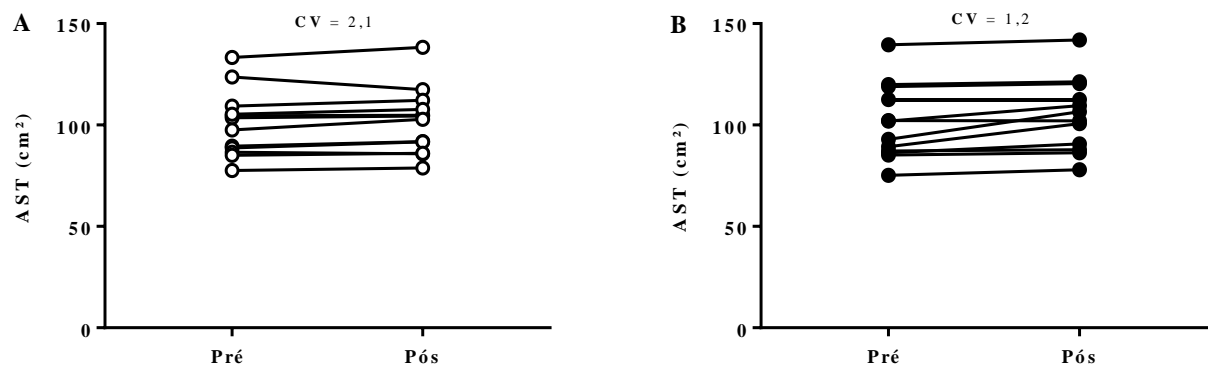
As figuras 15 e 16 demonstram as mudanças individuais nos valores da AST do músculo quadríceps femoral nas condições **TFVE** e **TFVN**, respectivamente.

Figura 15 – Valores individuais da área de secção transversa do músculo quadríceps femoral nas diferentes frequências de TF da condição **TFVE**



Legenda: TF - treinamento de força; **TFVE** - treinamento de força com volumes equalizados; **AST** - área de secção transversa; **A** - uma vez por semana; **B** - três vezes por semana; **CV** - coeficiente de variação.

Figura 16 – Valores individuais da área de secção transversa do músculo quadríceps femoral nas diferentes frequências de TF da condição **TFVN**



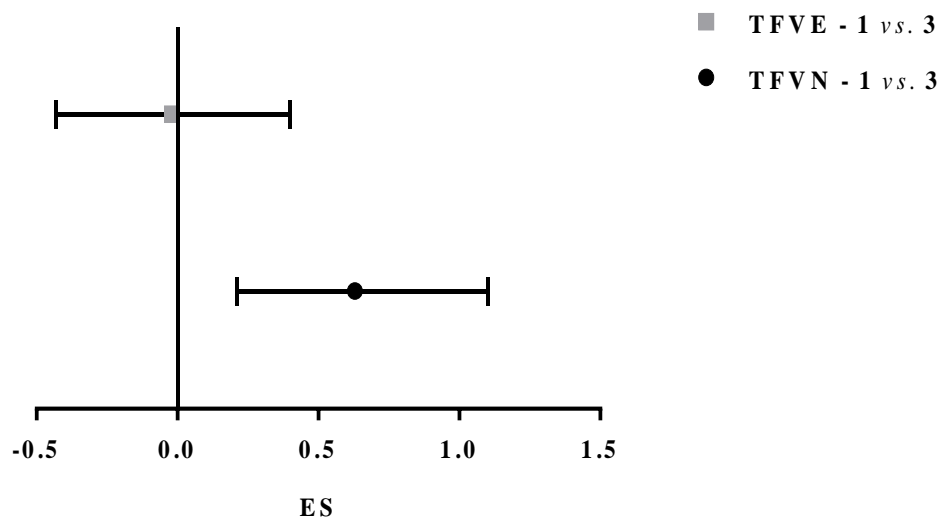
Legenda: TF - treinamento de força; **TFVN** - treinamento de força com volumes não equalizados; **AST** - área de secção transversa; **A** - uma vez por semana; **B** - três vezes por semana; **CV** - coeficiente de variação.

Na condição **TFVE**, o aumento além da MD a ser considerada (*i.e.*, $0,6 \text{ cm}^2$) foi de $1,5 \pm 2,3 \text{ cm}^2$ e $1,4 \pm 3,0 \text{ cm}^2$ para uma e três vezes por semana, respectivamente. Para a condição **TFVN**, o aumento além da MD foi de $0,8 \pm 3,0 \text{ cm}^2$ e $3,3 \pm 4,6 \text{ cm}^2$ para uma e três vezes por semana, respectivamente. O Δ nos valores da AST na condição **TFVE** foi de $2,1 \pm 2,3 \text{ cm}^2$ para uma vez por semana e de $2,0 \pm 3,0 \text{ cm}^2$ para três vezes por semana. Para a condição **TFVN**, o Δ foi de $1,4 \pm 3,0 \text{ cm}^2$ para uma vez por semana e de $3,9 \pm 4,6 \text{ cm}^2$ para três vezes

por semana. A partir valores de Δ , o *effect size* (ES) e o intervalo de confiança (IC) foram calculados para realização de comparações entre as diferentes frequências nas condições **TFVE** e **TFVN** (Figura 17). Os limites inferiores e superiores do IC que não cruzam o zero foram considerados significantes.

Figura 17 – *Effect size* e intervalo de confiança das diferenças absolutas pós-treinamento nos valores da área de secção transversa nas diferentes frequências de TF das condições **TFVE** e

TFVN



Legenda: TF - treinamento de força; **TFVE** - treinamento de força com volumes equalizados; **TFVN** - treinamento de força com volumes não equalizados; **ES** - *effect size*.
 ■ **TFVE** = - 0,02; intervalo de confiança de 95% do ES = - 0,43 a 0,40.
 ● **TFVN** = 0,63; intervalo de confiança de 95% do ES = 0,21 a 1,10.

6. DISCUSSÃO

O presente estudo comparou as alterações no desempenho de força dinâmica máxima (1RM) dos membros inferiores e na área de secção transversa (AST) do músculo quadríceps femoral, após a realização de um programa de treinamento de força distribuído em diferentes frequências semanais (*i.e.*, uma e três vezes), em um grupo de indivíduos previamente treinados em força. Os resultados do estudo demonstraram que houve aumentos significantes nos valores de 1RM e de AST nas diferentes frequências de TF das condições **TFVE** - treinamento de força com volumes equalizados e, **TFVN** - treinamento de força com volumes não equalizados. Apesar disso, não foram demonstradas diferenças estatisticamente significantes nas comparações entre as diferentes frequências de TF, independentemente ou não da equalização do volume de treinamento. Para uma real determinação da magnitude das alterações, o *effect size* (ES) e o intervalo de confiança (IC) foram calculados a partir das diferenças absolutas dos valores de 1RM e AST observadas no pós-treinamento (Δ), e dessa maneira, pôde-se observar que a maior frequência de treinamento apresentou melhores resultados nos valores de 1RM e AST, somente quando foi permitida a realização de um maior volume de treinamento.

A sequência de tópicos proposta nesta discussão tenta facilitar a compreensão dos resultados apresentados.

6.1. Efeito das diferentes frequências de treinamento sobre o desempenho de força dinâmica máxima (1RM)

Até o momento, poucos estudos compararam os efeitos de diferentes frequências de TF em indivíduos treinados (HÄKKINEN e KALLINEN, 1994; MCLESTER Jr. et al., 2000; HARTMAN et al., 2007; RAASTAD et al., 2012; RIBEIRO et al., 2015; SCHOENFELD et al., 2015; THOMAS e BURNS, 2016), sendo que apenas nos estudos de McLester Jr. et al. (2000) e Schoenfeld et al. (2015) estas comparações foram feitas em protocolos de TF com volumes equalizados. Em relação aos aumentos no desempenho de força, McLester Jr. et al. (2000) verificaram que os aumentos percentuais médios nos valores de 1RM para cinco exercícios dos membros superiores (MMSS) e quatro exercícios dos membros inferiores (MMII) foram superiores para as maiores frequências de TF (*i.e.*, três vezes); no entanto, observou-se diferença estatisticamente significativa somente entre os aumentos de 1RM no exercício *leg press*, sendo estes de 22,3% e 46,1% para o grupo que realizou o TF uma e três

vezes na semana, respectivamente. No presente estudo, não houve diferenças significantes entre os aumentos percentuais nos valores de 1RM no exercício *leg press* 45° (unilateral), nas diferentes frequências da condição **TFVE**, sendo estes de $16\% \pm 10,0\%$ e $17,2\% \pm 12,2\%$ para o TF realizado uma e três vezes na semana, respectivamente.

A divergência de resultados encontrada entre o presente estudo e o de McLester Jr. et al. (2000), em parte pode ser explicada pelas diferenças iniciais nos valores de 1RM apresentadas pelos sujeitos dos mesmos, pois ao que parece, existe uma relação negativa entre os níveis iniciais de força observados no período pré-treinamento, e a porcentagem de seu aumento durante o treinamento (HÄKKINEN, 1985). No estudo de McLester Jr. et al. (2000), os valores iniciais de 1RM no exercício *leg press* bilateral foram de aproximadamente 200 ± 83 kg e 191 ± 96 kg, para as frequências de uma e três vezes na semana, respectivamente. No presente estudo, estes valores variaram de 186 ± 61 kg até 219 ± 53 kg para o exercício *leg press* 45° realizado de maneira unilateral. Independentemente da amostra de ambos os trabalhos ser composta por sujeitos treinados, o aumento percentual encontrado no trabalho de McLester Jr. et al. (2000) talvez categorize seus sujeitos em outro nível de treinamento, pois de acordo com ACSM (2002), sujeitos destreinados podem aumentar a força muscular em aproximadamente 40%, ao longo de períodos de treinamento que variaram de quatro semanas até dois anos; em contrapartida, em sujeitos treinados estes aumentos podem ser de aproximadamente 16% para o mesmo período, corroborando em boa parte com os resultados encontrados no presente trabalho. De fato, se o estado de treinamento é inversamente associado com as mudanças nos valores de 1RM, espera-se que sujeitos destreinados apresentem grandes aumentos em força muscular (WILLIAMS et al., 2017), mesmo em curtos períodos de treinamento (ACSM, 2009).

Outro ponto a ser observado no estudo de McLester Jr. et al. (2000), está no fato de seus resultados terem sido alcançados a partir de um protocolo de TF onde foram realizadas apenas três séries semanais na maioria dos grupos musculares, ou seja, um número de séries muito aquém do sugerido para que sujeitos treinados consigam aprimorar a força muscular (RHEA et al., 2003; PETERSON et al., 2005; ROBBINS et al., 2012; RALSTON et al., 2017). De maneira semelhante ao presente estudo, que utilizou nove séries semanais no exercício *leg press* 45° (unilateral), Schoenfeld et al. (2015) utilizaram entre seis e nove séries semanais para cada um dos grupos musculares submetidos ao TF. Além disso, estas séries foram distribuídas em três diferentes exercícios, e ao que parece, esta é uma estratégia eficiente para que se obtenha um melhor resultado no desempenho de força (FONSECA et al.,

2014). Assim como no presente estudo, houve diferenças estatisticamente significantes entre os valores de 1RM pré e pós-treinamento, com aumentos percentuais médios de 6,8% e 10,2% no exercício supino e, 10,6% e 11,3% no exercício agachamento, para o grupo com frequências semanais de treinamento de uma (SPLIT) e três vezes (TOTAL), respectivamente. Esta pequena vantagem nos aumentos percentuais de 1RM, em favor das maiores frequências semanais de treinamento, não foi suficiente para que houvesse diferença estatisticamente significativa entre as duas frequências de treinamento comparadas. Apesar das diferentes frequências semanais que cada grupo muscular foi treinado neste estudo, observou-se que o protocolo de TF proposto permitiu uma mesma frequência de treinamento (*i.e.*, uma vez) nos exercícios utilizados para avaliar o desempenho de força (*i.e.*, supino e agachamento), em ambos os grupos. Talvez uma maior frequência de estimulação de um engrama motor específico (*e.g.*, exercícios de avaliação do desempenho), poderia ser responsável em promover melhores resultados na força muscular no grupo de maior frequência semanal (HÄKKINEN e KALLINEN, 1994; WILLIAMS et al., 2017); entretanto, os resultados do presente estudo não conseguem corroborar com tal especulação. De fato, se uma mesma frequência de treinamento nos exercícios específicos de avaliação da força muscular pôde ter sido o determinante para que não houvesse diferenças estatisticamente significantes entre as distintas frequências de TF do estudo de Schoenfeld et al. (2015), alternativas para avaliar o desempenho de força, além do teste de 1RM, poderiam ter sido consideradas (*e.g.*, dinamometria isocinética), assim como fizeram estudos anteriores (GRAVES et al., 1988; BRAITH et al., 1989; HÄKKINEN e KALLINEN, 1994; CARROLL et al., 1998; GENTIL et al., 2015)

Por fim, se o volume total de treinamento é importante para se obter ganhos em força muscular (SIMÃO et al., 2007; ROBBINS et al., 2012; RALSTON et al., 2017), estratégias que possibilitem seu aumento devem ser consideradas, como por exemplo, o aumento da frequência de treinamento. No presente estudo, o TF realizado três vezes na semana na condição **TFVN** apresentou um maior volume total de treinamento, em comparação àquele realizado somente uma vez, o que coincidentemente gerou o maior média de aumento percentual (*i.e.*, $24,6 \pm 14,2\%$) no teste de 1RM, bem como a melhor média de incremento além da mínima diferença (MD) a ser considerada no pós-treinamento (*i.e.*, $30,0 \pm 22,9$ kg). Além disso, na comparação da magnitude de alteração entre as diferentes frequências de TF nas condições **TFVE** e **TFVN**, foi demonstrado um maior valor do ES (0,15 vs. 0,51) e um significativo IC (- 0,26 a 0,57 vs. 0,09 a 0,97), em favor da condição **TFVN**.

6.2. Efeito das diferentes frequências de treinamento sobre o aumento da área de secção transversa (AST) muscular

Em indivíduos treinados, o aumento da frequência de TF seria uma estratégia eficaz de progressão, na tentativa de serem observados melhores resultados no aumento de massa muscular (DANKEL et al., 2017). Esta resposta hipertrófica otimizada, estaria relacionada não só a possibilidade que as maiores frequências têm de aumentar o volume total de treinamento (WILLIAMS et al., 2017), como também pela manutenção de taxas elevadas de síntese proteica muscular (SPM) pós-exercício (DANKEL et al., 2017). No protocolo de McLester Jr. et al. (2000), o aumento na massa muscular foi aproximadamente 80% superior no grupo que realizou TF com maior frequência semanal e, desta forma, poderia se especular que este aumento em massa muscular tenha ocorrido como resultado de períodos acumulados de aumentos na taxa de SPM (PHILLIPS, 2004; SHEPSTONE et al., 2005; MITCHELL et al., 2014; PHILLIPS, 2014; DAMAS et al., 2015; DAMAS et al., 2016; DANKEL et al., 2017), uma vez que os volumes de treinamento foram equalizados na comparação das diferentes frequências; entretanto, atualmente temos somente informações sobre como a taxa de SPM aumenta após horas da realização do TF (CHESLEY et al., 1992; MACDOUGALL et al., 1995; PHILLIPS et al., 1997; TANG et al., 2008; DAMAS et al., 2015; DAMAS et al., 2016), e não ao longo de um período maior (*i.e.*, semanas), o que permitiria uma melhor compreensão da relação existente entre SPM e a resposta hipertrófica ao longo do tempo.

No protocolo de TF de McLester Jr. et al. (2000), onde a maioria dos grupos musculares realizou três séries semanais, foram demonstrados aumentos na massa muscular de 1,4% e 7,5% para uma e três vezes por semana, respectivamente. Tais resultados corroboram com as recentes evidências que demonstram a possibilidade de se obter aumentos na massa muscular, mesmo quando um baixo número de séries (*i.e.*, \leq quatro) é realizado por cada grupo muscular semanalmente (SCHOENFELD et al., 2017; LA SCALA TEIXEIRA et al., 2017); entretanto, os melhores resultados em hipertrofia muscular parecem ser observados quando cada grupo muscular realiza um número maior de séries (*i.e.*, \geq nove) semanais (SCHOENFELD et al., 2017) e portanto, indo ao encontro das estratégias utilizadas não só por Schoenfeld et al. (2015), como também no presente estudo.

Diferentemente de McLester Jr. et al. (2000), que estimaram o aumento de massa muscular através de uma avaliação duplamente indireta (*i.e.*, medidas de dobras cutâneas), Schoenfeld et al. (2015) avaliaram as alterações da AST muscular por meio de imagens de

ultrassonografia, sendo este um procedimento de alta confiabilidade e validade para este fim (REEVES et al., 2004). A partir disso, foram demonstrados aumentos estatisticamente significantes nos valores da AST muscular após o período de treinamento, tanto no grupo que realizou o TF uma vez na semana: (a) vasto lateral = 2,1%, (b) flexores do cotovelo = 4,4%, (c) extensores do cotovelo = 5,0%; como naquele que realizou três vezes: (a) vasto lateral = 6,7%. (b) flexores do cotovelo = 6,5%, (c) extensores do cotovelo = 8,0%. Como visto, os aumentos percentuais na AST dos grupos musculares avaliados favoreceram àqueles que realizaram o TF em uma maior frequência semanal; entretanto, diferença estatisticamente significativa foi demonstrada apenas na AST dos músculos flexores do cotovelo. Segundo a hipótese inicial do estudo, os melhores resultados em hipertrofia muscular aconteceriam no grupo SLPIT (*i.e.*, TF uma vez na semana) por conta de um maior estresse metabólico proporcionado nesta condição. Mesmo que as alterações metabólicas sejam um importante estímulo para o aumento de massa muscular (SCHOENFELD et al., 2013), evidências recentes sugerem que estas podem estar mais relacionadas ao volume total de treinamento da sessão (TAVARES et al., 2017b), o que categoricamente dificultaria qualquer especulação sobre qual grupo do experimento de Schoenfeld et al. (2015) apresentou maiores alterações metabólicas, uma vez que o volume de treinamento foi equalizado em bases semanais, e não em cada sessão. Portanto, os maiores percentuais de aumento na AST muscular encontrados no grupo que realizou o TF com maior frequência semanal, talvez tenham ocorrido em consequência da distribuição do volume total de treinamento em um número maior sessões ao longo da semana, o que supostamente, possibilitaria a realização do TF com maior intensidade (KRAEMER e FLECK, 2009; RATAMESS et al., 2009; WILLIAMS et al., 2017); no entanto, não se descarta também a possibilidade do desenho experimental inter-sujeitos não ter proporcionado um rigoroso controle no volume total de treinamento, uma vez que foram observados maiores volumes médios para o grupo TOTAL (*i.e.*, TF três vezes na semana) em seis, dos sete grupos musculares em que o mesmo foi calculado.

Até onde se sabe, este é o primeiro estudo com indivíduos treinados, que utilizou imagens de ressonância magnética para avaliar as alterações na AST muscular, após a realização de um protocolo de TF com diferentes frequências semanais. Considerada como padrão-ouro para tal medição, a ressonância magnética pode nos fornecer imagens com melhor qualidade, além de uma medida com maior precisão. Posto isso, neste estudo não foram observadas diferenças estatisticamente significantes nos aumentos da AST do músculo quadríceps femoral entre as diferentes frequências de TF da condição **TFVE**. Nem mesmo

podemos considerar alguma diferença percentual, tais como as observadas nos estudos supracitados, pois os aumentos desta condição foram em média de $2,1 \pm 2,1\%$ e $2,0 \pm 2,8\%$, para os treinamentos realizados uma e três vezes na semana, respectivamente. De fato, estudos com indivíduos treinados não têm demonstrado benefícios adicionais às adaptações hipertróficas, quando um mesmo volume total de treinamento é distribuído de diferentes maneiras (OLIVER et al., 2013; ANGLERI et al., 2017). Na condição **TFVN**, também não foram observadas diferenças estatisticamente significantes nos aumentos da AST; no entanto, a média de aumento percentual (*i.e.*, $4,1 \pm 5,0\%$) demonstrado para o TF realizado três vezes na semana, somada a um maior valor médio (*i.e.*, $3,9 \pm 4,6 \text{ cm}^2$) de aumento além da MD a ser considerada, e uma significativa magnitude de alteração na comparação entre as distintas frequências desta condição (*i.e.*, $ES = 0,63$; $IC = 0,21 \text{ a } 1,10$), corroboram com as recentes evidências que demonstram a importância do volume de treinamento nas adaptações musculares (SCHOENFELD et al., 2017; FIGUEIREDO et al., 2017). Na prática, o aumento da frequência de TF seria uma das possíveis maneiras de se aumentar o volume de treinamento, ao longo de um período específico de tempo (FIGUEIREDO et al., 2017; WILLIAMS et al., 2017).

É importante mencionar algumas limitações do presente estudo: (a) a AST foi medida apenas na porção média do músculo quadríceps femoral (*i.e.*, 50% da distância entre o trocanter maior e o epicôndilo lateral do fêmur), impossibilitando qualquer especulação de como ocorreram às adaptações hipertróficas nas regiões proximal e distal; (b) os aumentos na AST talvez não tenham ocorrido de maneira similar, em cada um dos músculos que compõe o quadríceps femoral, uma vez que adaptações hipertróficas distintas, em cada um destes músculos, podem ocorrer quando os exercícios do protocolo de TF não são variados (FONSECA et al., 2014); (c) o protocolo de TF unilateral pode promover um efeito de educação cruzada, o que aumentaria os ganhos de força do membro contralateral (MANCA et al., 2017). No entanto, é menos provável que este efeito ocorra em sujeitos treinados que realizam TF unilateral em ambos os MMII (ANGLERI et al., 2017). No mais, o desenho experimental intra-sujeito proposto neste estudo tentou diminuir a interferência da variabilidade biológica verificada nos desenhos experimentais inter-sujeitos, além de permitir uma minuciosa equalização do volume de treinamento para condição **TFVE**; (d) na condição **TFVE**, as repetições realizadas no TF de maior frequência semanal nem sempre puderam ser consideradas repetições máximas (RM), pois estas foram realizadas com o peso médio (*i.e.*, volume total de treinamento/número de repetições realizadas) obtido no treinamento de menor

frequência semanal, do membro inferior (MI) contralateral. Supostamente, indivíduos treinados deveriam realizar RM em seus treinamentos, para que dessa maneira possam alcançar melhores resultados tanto em força (NOBREGA et al., 2016) quanto em hipertrofia muscular (PRESTES et al., 2016). No entanto, com base na literatura atual, esta é uma questão que não parece totalmente esclarecida.

7. CONCLUSÃO

Os resultados desse estudo demonstraram que o TF, de um mesmo grupo muscular, realizado três vezes por semana, demonstrou aumentos na força dinâmica máxima (1RM) e na área de secção transversa (AST) muscular similares àquele realizado somente uma vez, independentemente ou não da equalização do volume de treinamento. Quando a maior frequência de TF pôde proporcionar um maior volume total de treinamento (*i.e.*, condição **TFVN** - treinamento de força com volumes não equalizados), valores significantes do intervalo de confiança (IC) do *effect size* (ES) foram observados para ambas as adaptações. Portanto, se indivíduos treinados necessitam de maiores volumes de treinamento para que sejam observados aumentos tanto na força (ROBBINS et al., 2012; RALSTON et al., 2017) quanto na massa muscular (FIGUEIREDO et al., 2017; SCHOENFELD et al., 2017), alternativas como o aumento da frequência do TF podem ser consideradas. Ademais, quando um mesmo volume total de treinamento é distribuído em diferentes frequências semanais, não são observados benefícios adicionais nos aumentos de força e massa muscular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACSM. AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 34, n. 2, p. 364-380, 2002.

ACSM. AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 3, p. 687-708, 2009.

ANGLERI, V.; UGRINOWITSCH, C.; LIBARDI, C. A. Crescent pyramid and drop-set systems do not promote greater strength gains, muscle hypertrophy, and changes on muscle architecture compared with traditional resistance training in well-trained men. **European Journal Applied Physiology**, v. 117, n. 2, p. 359-369, 2017.

ARAZI, H.; ASADI, A. Effects of 8 weeks equal-volume resistance training with different workout frequency on maximal strength, endurance and body composition. **International Journal of Sports Science and Engineering**, v. 5, n. 2, 112-118, 2011.

BARCELOS, C. A. O. **A alta frequência do treinamento de força não afeta a magnitude da hipertrofia e os ganhos de força muscular de indivíduos jovens não treinados**. 2017. 27 f. Dissertação (Mestrado) – Centro, de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2017.

BENTON, M. J.; KASPER, M. J.; RAAB, S. A.; WAGGENER, G. T.; SWAN, P. D. Short-term effects of resistance training frequency on body composition and strength in middle-aged women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 11, p. 3142-3149, 2011.

BIRD, S. P.; TARPENNING, K. M.; MARINO, F. E. Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. **Sports Medicine**, v. 35, n. 10, p. 841-851, 2005.

BRAITH, R. W.; GRAVES, J. E.; POLLOCK, M. L.; LEGGETT, S. L.; CARPENTER, D. M.; COLVIN, A. B. Comparison of 2 vs 3 days/week of variable resistance training during 10- and 18- week programs. **International Journal of Sports Medicine**, v. 10, n. 6, p. 450-454, 1989.

BRAZELL, J. V.; THOMAS, E. L. Effects of weight training frequency on the self-concept of college females. **Journal of Applied Sport Science Research**, v. 3, n. 2, p. 40-43, 1989.

BROWN, L. E.; WEIR, J. P. ASEP procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. **Journal of Exercise Physiology Online**, v. 4, n. 3, p. 1-21, 2001.

BURT, J.; WILSON, R.; WILLARDSON, J. M. A comparison of once *versus* twice per week training on leg press strength in women. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 47, n. 1, p. 13-17, 2007.

CALDER, A. W.; CHILIBECK, P. D.; WEBBER, C. E.; SALE, D. G. Comparison of whole and split weight training routines in young women. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 19, n. 2, p. 185-199, 1994.

CANDOW, D. G.; BURKE, D. G. Effects of short-term equal-volume resistance training with different workout frequency on muscle mass and strength in untrained men and women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 1, p. 204-207, 2007.

CARROLL, T. J.; ABERNETHY, P. J.; LOGAN, P. A.; BARBER, M.; MCENIERY, M. T. Resistance training frequency: strength and myosin heavy chain response to two and three bouts per week. **European Journal Applied Physiology**, v. 78, n. 3, p. 270-275, 1998.

CHESLEY, A.; MACDOUGALL, J. D.; TARNOPOLSKY, M. A.; ATKISON, S. A.; SMITH, K. Changes in human muscle protein synthesis after resistance exercise. **Journal Applied Physiology**, v. 73, n. 4, p. 1383-1388, 1992.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.

DAMAS, F.; PHILLIPS, S. M.; VECHIN, F. C.; UGRINOWITSCH, C. A review of resistance training-induced changes in skeletal muscle protein synthesis and their contribution to hypertrophy. **Sports Medicine**, v. 45, n. 6, p. 801-807, 2015.

DAMAS, F.; PHILLIPS, S. M.; LIBARDI, C. A.; VECHIN, F. C.; LIXANDRAO, M. E.; JANNIG, P. R.; COSTA, L. A. R.; BACURAU, A. V.; SNIJDERS, T.; PARISE, G.; TRICOLI, V.; ROSCHEL, H.; UGRINOWITSCH, C. Resistance training-induced changes in integrated myofibrillar protein synthesis are related to hypertrophy only after attenuation of muscle damage. **The Journal of Physiology**, v. 594, n. 18, p. 5209-5222, 2016.

DANKEL, S. J.; MATTOCKS, K. T.; JESSEE, M.B.; BUCKER, S. L.; MOUSER, J. G.; COUNTS, B. R.; LAURENTINO, G. C.; LOENNEKE, J. P. Frequency: the overlooked resistance training variable for inducing muscle hypertrophy? **Sports Medicine**, v. 47, n. 5, p. 799-805, 2017.

DEMICHELE, P. L.; POLLOCK, M. L.; GRAVES, J. E.; FOSTER, D. N.; CARPENTER, D.; GARZARELLA, L.; BRECHUE, W.; FULTON, M. Isometric torso rotation strength: effect of training frequency on its development. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 78, n. 1, p. 64-69, 1997.

DERENNE, C.; HETZLER, R. K.; BUXTON, B. P.; HO, K. W. Effects of training frequency on strength maintenance in pubescent baseball players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 10, n. 1, p. 8-14, 1996.

DESCHENES, M. R.; KRAEMER, W. J. Performance and physiologic adaptations to resistance training. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, v. 81, n. 11 (Suppl.), p. S3-S16, 2002.

DIBREZZO, R.; FORT, I.; HOYT, G. Frequency of training on strength development in women 40-65 years of age. **Women in Sport and Physical Activity Journal**, v. 11, n. 1, p. 49-62, 2002.

FAIGENBAUM, A. D.; MILLIKEN, L. A.; LOUD, R. L.; BURAK, B. T.; DOHERTY, C. L.; WESTCOTT, W. L. Comparison of 1 and 2 days per week of strength training in children. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 73, n. 4, p. 416-424, 2002.

FARINATTI, P. T. V.; GERALDES, A. A. R.; BOTTARO, M. F.; LIMA, M. V. I. C.; ALBUQUERQUE, R. B.; FLECK, S. J. Effects of different resistance training frequencies on the muscle strength and functional performance of active women older than 60 years. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 8, p. 2225-2234, 2013.

FERMINO, R. C.; WINIARSKI, Z. H.; ROSA, R. J.; LORENCI, L. G.; BUSO, S.; SIMÃO, R. Influência do aquecimento específico e de alongamento no desempenho da força muscular em 10 repetições máximas. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 13, n. 4, p. 25-32, 2005.

FIGUEIREDO, V. C.; DE SALLES, B. F.; TRAJANO, G. S. Volume for muscle hypertrophy and health outcomes: the most effective variable in resistance training. **Sports Medicine**, [Epub ahead of print], 2017.

FINN, H. T.; BRENNAN, S. L.; GONANO, B. M.; KNOX, M. F.; RYAN, R. C.; SIEGLER, J. C.; MARSHALL, P. W. M. Muscle activation does not increase after a fatigue plateau is reached during 8 sets of resistance exercise in trained individuals. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 5, p. 1226-1234, 2014.

FISHER, J.; STEELE, J.; LOW, S. B.; SMITH, D. Evidence-based resistance training recommendations. **Medicina Sportiva**, v. 15, n. 3, p. 147-162, 2011.

FISHER, J.; STEELE, J.; SMITH, D. Evidence-based resistance training recommendations for muscular hypertrophy. **Medicina Sportiva**, v. 17, n. 4, p. 217-235, 2013.

FONSECA, R. M.; ROSCHEL, H.; TRICOLI, V.; DE SOUZA, E. O.; WILSON, J. M.; LAURENTINO, G. C.; AIHARA, A. Y.; DE SOUZA LEÃO, A. R.; UGRINOWITSCH, C. Changes in exercises are more effective than in loading schemes to improve muscle strength. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 11, p. 3085-3092, 2014.

GENTIL, P.; FISCHER, B.; MARTORELLI, A. S.; LIMA, R. M.; BOTTARO, M. Effects of equal-volume resistance training performed one or two times a week in upper body muscle size and strength of untrained young men. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 55, n. 3, p. 144-149, 2015.

GILLAM, G. M. Effects of frequency of weight training on muscle strength enhancement. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 21, n. 4, p. 432-436, 1981.

GRAVES, J. E.; POLLOCK, M. L.; LEGGETT, S. H.; BRAITH, R. W.; CARPENTER, D. M.; BISHOP, L. E. Effect of reduced training frequency on muscular strength. **International Journal of Sports Medicine**, v. 9, n. 5, p. 316-319, 1988.

HÄKKINEN, K. Factors influencing trainability of muscular strength during short and prolonged training. **NSCA Journal**, v. 7, n. 2, p. 32-37, 1985.

HÄKKINEN, K.; KALLINEN, M. Distribution of strength training volume into one or two daily sessions and neuromuscular adaptations in female athletes. **Electromyography and Clinical Neurophysiology**, v. 34, n. 2, p. 117-124, 1994.

HARTMAN, M. J.; CLARK, B.; BEMBEN, D. A.; KILGORE, J. L.; BEMBEN, M. G. Comparisons between twice-daily and once-daily training sessions in male weight lifters. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 2, n. 2, p. 159-169, 2007.

HASS, C. J.; FEIGENBAUM, M. S.; FRANKLIN, B. A. Prescription of resistance training for healthy populations. **Sports Medicine**, v. 31, n. 14, p. 953-964, 2001.

HAYES, L. D.; BICKERSTAFF, G. F.; BAKER, J. S. Acute resistance exercise program variables and subsequent hormonal response. **Journal of Sports Medicine and Doping Studies**, v. 3, n. 2, p. 1-10:125, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0673.1000125>

HOFFMAN, J. R.; KRAEMER, W. J.; FRY, A. C.; DESCHENES, M.; KEMP, M. The effects of self-selection for frequency of training in a winter conditioning program for football. **Journal of Applied Sport Science Research**, v. 4, n. 3, p. 76-82, 1990.

HUNTER, G. R. Changes in body composition, body build and performance associated with different weight training frequencies in males and females. **National Strength Conditioning Association Journal**, v. 7, n. 2, p. 26-28, 1985.

KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A. Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 36, n. 4, p. 674-688, 2004.

KRAEMER, W. J.; FLECK, S. J. **Otimizando o treinamento de força: programas de periodização não-linear**. São Paulo: Manole, 2009.

LA SCALA TEIXEIRA, C. V.; MONTOYAMA, Y.; AZEVEDO, P. H. S. M.; EVANGELISTA, A. L.; STEELE, J.; BOCALINI, D. S. Effect of resistance training set volume on upper body muscle hypertrophy: are more sets really better than less? **Clinical Physiology and Functional Imaging**, [Epub ahead of print], 2017.

MACDOUGALL, J. D.; GIBALA, M. J.; TARNOPOLSKY, M. A.; MACDONALD, J. R.; INTERISANO, S. A.; YARASHEKI, K. E. The time course for elevated muscle protein synthesis following heavy resistance exercise. **Canadian Journal Applied Physiology**, v. 20, n. 4, p. 480-486, 1995.

MANCA, A.; DRAGONE, D.; DVIR, Z.; DERIU, F. Cross-education of muscular strength following unilateral resistance training: a meta-analysis. **European Journal Applied Physiology**, v. 117, n. 11, p. 2335-2354, 2017.

MCLESTER Jr., J. R.; BISHOP, P.; GUILLIANS, M. E. Comparison of 1 day and 3 days per week of equal-volume resistance training in experienced subjects. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 14, n. 3, p. 273-281, 2000.

MCLESTER Jr., J. R.; BISHOP, P. A.; SMITH, J.; WYERS, L.; DALE, B. ; KOZUSKO, J.; RICHARDSON, M.; NEVETT, M. E.; LOMAX, R. A series of studies – A practical protocol for testing muscular endurance recovery. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 17, n. 2, p. 259-273, 2003.

MITCHELL, C. J.; CHURCHWARD-VENNE, T. A.; PARISE, G.; BELLAMY, L.; BAKER, S. K.; SMITH, K.; ATHERTON, P. J.; PHILLIPS, S. M. Acute post-exercise myofibrillar protein synthesis is not correlated with resistance training-induced muscle hypertrophy in young men. **PLoS ONE**, v. 9, n. 2, e89431, 2014.

MIYAZAKI, M.; ESSER, K. A. Cellular mechanisms regulating protein synthesis and skeletal muscle hypertrophy in animals. **Journal Applied Physiology**, v. 106, n. 4, p. 1367-1373, 2009.

MONTEIRO, W.; SIMÃO, R.; FARINATTI, P. Manipulação na ordem dos exercícios e sua influência sobre o número de repetições e percepção subjetiva de esforço em mulheres treinadas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, n. 2, p. 146-150, 2005.

NACLERIO, F.; FAIGENBAUM, A. D.; ZABALA, E. L.; BIBAO, T. P.; KANG, J.; RATAMESS, N. A.; TRIPLETT, N. T. Effects of different resistance training volumes on strength and power in team sport athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 7, p. 1832-40, 2013.

NOBREGA, S. R.; LIBARDI, C. A. Is resistance training to muscular failure necessary? **Frontiers in Physiology**, v. 7, n. 1, p. 1-4:10, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00010>

OLIVER, J. M.; JAGIM, A. R.; SANCHEZ, A. C.; MARDOCK, M. A.; KELLY, K. A.; MEREDITH, H. J.; SMITH, G. L.; GREENWOOD, M.; PARKER, J. L.; RIECHMAN, S. E.; FLUCKEY, J. D.; CROUSE, S. F.; KREIDER, R. Greater gains in strength and power with intraset rest intervals in hypertrophic training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n.11, p. 3116-3131, 2013.

ORSATTI, F. L.; NAHAS, E. A. P.; MAESTÁ, N.; NAHAS NETO, J.; ORSATTI, C. L.; PORTARI, G. V.; BURINI, R. C. Effects of resistance training frequency on body composition and metabolics and inflammatory markers in overweight postmenopausal women. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 54, n. 3, p. 317-325, 2014.

PADILHA, C. S.; RIBEIRO A. S.; FLECK, S. J.; NASCIMENTO, M. A.; PINA, F. L. C.; OKINO, A. M.; VENTURINI, D.; BARBOSA, D. S.; MAYHEW, J. L.; CYRINO, E. S. Effect of resistance training with different frequencies and detraining on muscular strength and oxidative stress biomarkers in older women. **AGE**, v. 37, n. 5, p 1-9:104, 2015.

PETERSON, M. D.; RHEA, M. R.; ALVAR, B. A. Maximizing strength development in athletes: A meta-analysis to determine the dose-response relationship. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 2, p. 377-382, 2004.

_____. Applications of the dose-response for muscular strength development: a review of meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 4, p. 950-958, 2005.

PHILLIPS, S. M.; TIPTON, K. D.; AARSLAND, A.; WOLF, S. E.; WOLFE, R. R. Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. **American Journal of Physiology (Endocrinology and Metabolism 36)**, v. 273, n. 1, p. E99-E107, 1997.

PHILLIPS, S. M. Protein requirements and supplementation in strength sports. **Nutrition**, v. 20, n. 7-8, p. 689-695, 2004.

PHILLIPS, S. M.; WINETT, R. A. Uncomplicated resistance training and health-related outcomes: evidence for a public health mandate. **Current Sports Medicine Reports**, v. 9, n. 4, p. 208-213, 2010

PHILLIPS, S. M. A brief review of critical processes in exercise-induced muscular hypertrophy. **Sports Medicine**, v. 44, suppl. 1, p.S71-S77, 2014.

POLLOCK, M. L.; GRAVES, J. E.; BAMMAN, M. M.; LEGGETT, S. H.; CARPENTER, D. M.; CARR, C.; CIRULLI, J.; MATKOZICH, J.; FULTON, M. Frequency and volume of resistance training: effect on cervical extension strength. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 74, n. 10, p. 1080-1086, 1993.

PRESTES, J.; FOSCHINI, D.; MARCHETTI, P.; CHARRO, M.; TIBANA, R. **Prescrição e periodização do treinamento de força em academias**. São Paulo: Manole, 2016.

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 training sessions per week** (abstract). Book of abstracts, 17th annual conference of the European College of Sport Science, Bruges, 2012.

RALSTON, G. W.; KILGORE, L.; WYATT, F. B.; BAKER, J. S. The effect of weekly set volume on strength gain: a meta-analysis. **Sports Medicine**, [Epub ahead of print], 2017.

REEVES, N. D.; MARGARIS, C. N.; NARICI, M. V. Ultrasonographic assessment of human skeletal muscle size. **European Journal Applied Physiology**, v. 91, n. 1, p. 116-118, 2004.

RHEA, M. R.; ALVAR, B. A.; BURKETT, L. N.; BALL, S. D. A meta-analysis to determine the dose response for strength development. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 35, n. 3, p. 456-464, 2003.

RIBEIRO, A. S.; SCHOENFELD, B. J.; SILVA, D. R. P.; PINA, F. L. C.; GUARIGLIA, D. A.; PORTO, M.; MAESTÁ, N.; BURINI, R. C.; CYRINO, E. S. Effect of two- versus three-way split resistance training routines on body composition and muscular strength in bodybuilders: a pilot study. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 25, n.6, p. 559-565, 2015.

ROBBINS, D. W.; MARSHALL, P. W. M.; MCEWEN, M. The effect of training volume on lower-body strength. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 1, p. 34-39, 2012.

SCHOENFELD, B. J. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 10, p. 2857-2872, 2010.

_____. Does exercise-induced muscle damage play a role in skeletal muscle hypertrophy? **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 5, p. 1441-1453, 2012.

_____. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. **Sports Medicine**, v. 43, n. 3, p. 179-194, 2013.

SCHOENFELD, B. J.; RATAMESS, N. A.; PETERSON, M.D.; CONTRERAS, B.; TIRYAKI-SONMEZ, G. Influence of resistance training frequency on muscular adaptations in well-trained men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 7, p. 1821-1829, 2015.

SCHOENFELD, B. J.; OGBORN, D.; KRIEGER, J. W. Effects of resistance training frequency on measures of muscle hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 46, n. 11, p. 1689-1697, 2016.

_____. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Sports Sciences**, v. 35, n. 11, p. 1073-1082, 2017.

SERRA, R.; SAAVEDRA, F.; DE SALLES, B. F.; DIAS, M. R.; COSTA, P. B.; ALVES, H.; SIMÃO, R. Effects of resistance training frequency on strength gains. **Journal of Exercise Physiology Online**, v. 18, n. 1, p. 37-45, 2015.

SERRANO, J. A. **Effects of resistance training frequency on muscle strength, activity and mass during a 24-weeks intervention in the elderly**. 2016. 87 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Biologia da Atividade Física, Universidade de Jyväskylä, Jyväskylä, 2016.

SHEPSTONE, T. N.; TANG, J. E.; DALLAIRE, S.; SCHUENKE, M. D.; STARON, R. S.; PHILLIPS, S. M. Short term high- vs. low-velocity isokinetic lengthening training results in greater hypertrophy of the elbow flexors in young men. **Journal Applied Physiology**, v. 98, n. 5, p. 1768-1776, 2005.

SILVA, R. G.; SILVA, D. R. P.; PINA, F. L. C.; NASCIMENTO, M. A.; RIBEIRO, A. S.; CYRINO, E. S. Efeito de duas diferentes frequências semanais de treinamento com pesos sobre a força muscular e pressão arterial em mulheres idosas normotensas. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 19, n. 1, p. 118-127, 2017.

SIMÃO, R.; FONSECA, T.; MIRANDA, F.; LEMOS, A.; POLITO, M. Comparação entre series múltiplas nos ganhos de força em um mesmo volume e intensidade de treinamento. **Fitness & Performance Journal**, v. 6, n. 6, p. 362-366, 2007.

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**, v. 27, n. 1, p. 8-13, 2013.

SUNAGA, M. S.; MIN, S.; KAMEMOTO, K.; OKAMOTO, T. Effects of menstrual phase-dependent resistance training frequency on muscular hypertrophy and strength. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 6, p. 1727-1734, 2016.

TAN, B. Manipulating resistance training program variables to optimize maximum strength in men: a review. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 13, n. 3, p. 289-304, 1999.

TANG, J. E.; PERCO, J. G.; MOORE, D. R.; WILKINSON, S. B.; PHILLIPS, S. M. Resistance training alters the response of fed state mixed muscle protein synthesis in young men. **American Journal of Physiology Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 294, n. 1, p. R172–R178, 2008.

TAVARES, L. D.; DE SOUZA, E. O.; UGRINOWITSCH, C.; LAURENTINO, G. C.; ROSCHEL, H.; AIHARA, A. Y.; CARDOSO, F. N.; TRICOLI, V. Effects of different strength training frequencies during reduced training period on strength and muscle cross-sectional area. **European Journal of Sport Science**, v. 17, n. 6, p. 665-672, 2017a.

TAVARES, L. D.; UGRINOWITSCH, C.; SILVA, C. M. P.; DE SOUZA, E. O.; LAURENTINO, G. C.; PINHEIRO, F. A.; LASEVICIUS, T.; TRICOLI, V. Efeito da ordem dos exercícios de força sobre o volume, o lactato e o desempenho. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 23, n. 3, p. 194-199, 2017b.

THOMAS, M. H.; BURNS, S. P. Increasing lean mass and strength: a comparison of high frequency strength training to lower frequency strength training. **International Journal of Exercise Science**, v. 9, n. 2, p. 159-167, 2016.

TURPELA, M.; HÄKKINEN, K.; HAFF, G. G.; WALKER, S. Effects of different strength training frequencies on maximum strength, body composition and functional capacity in healthy older individuals. **Experimental Gerontology**, v. 98, n. 1, p. 13-21, 2017.

WERNBOM, M.; AUGUSTSSON, J.; THOMEÉ, R. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. **Sports Medicine**, v. 37, n. 3, p. 225-264, 2007.

WILLIAMS, T. D.; TOLUSSO, D. V.; FEDEWA, M. V.; ESCO, M. R. Comparison of periodized and non-periodized resistance training on maximal strength: a meta-analysis. **Sports Medicine**, [Epub ahead of print], 2017.

XIVRY, J. J. O.; SHADMEHR, R. Electrifying the motor engram: effects of tDCS on motor learning and control. **Experimental Brain Research**, v. 232, n. 11, p. 3379-3395, 2014.