UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

Efeito de diferentes intensidades do treinamento de força nos ganhos de força
máxima e hipertrofia muscular

Thiago Lasevicius

São Paulo
2016

THIAGO LASEVICIUS

Efeito de diferentes intensidades do treinamento de força nos ganhos de força
máxima e hipertrofia muscular

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: Biodinâmica do Movimento Humano

Orientador: Prof. Dr. Valmor A. A. Tricoli

São Paulo

2016

Catálogo da Publicação

Serviço de Biblioteca

Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo

Lasevicius, Thiago

Efeito de diferentes intensidades do treinamento de força nos
ganhos de força máxima e hipertrofia muscular / Thiago

Lasevicius.-- São Paulo : [s.n.], 2016.

50p.

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

Orientador: Prof. Dr. Valmor A.A. Tricoli

1. Treinamento de força 2. Massa muscular 3. Hipertrofia
muscular I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: LASEVICIUS, Thiago

Título: Efeito de diferentes intensidades do treinamento de força nos ganhos de força máxima e hipertrofia muscular

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: _____

Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof. Dr. Valmor Tricoli, primeiramente por me dar a oportunidade de trilhar o caminho da pós-graduação, e por todos outros ensinamentos: profissionais e pessoais. Que foram muitos, proporcionados ao longo desses anos. Minha admiração por ele aumentou, como fruto de nossa convivência.

Ao Prof. Dr. Carlos Ugrinowitsch, pelos ensinamentos e inspirações ao longo dessa jornada que me fizeram repensar meu modo de agir, agradeço por toda a ajuda em minha formação.

Ao Prof. Dr. Hamilton Roschel, por sempre estar disposto e presente para ajudar em qualquer situação, agradeço seus conselhos, os quais foram essenciais para aprimorar este trabalho.

Aos meus amigos de laboratório, pela paciência, apoio e ajuda incondicional. Agradeço a convivência, desta forma, essa jornada ficou mais alegre e proveitosa.

À todos os voluntários que participaram dessa pesquisa, pela disponibilidade e presença, sem eles esse trabalho não existiria.

Aos meus pais Luís e Fátima, por sempre me apoiarem e incentivarem em cada decisão que tomei, mesmo que eles não entendessem realmente a proporção de uma pesquisa e de estar na pós-graduação, eles sempre tiveram orgulho e paciência para ouvir e elogiar o que eu estava fazendo. AMOR ETERNO.

Ao meu irmão Ricardo, pelo amor, pela amizade e por sempre me apoiar nessa trajetória.

À minha amada Daniela, sem ela nada disso existiria, como é bom contar com seu amor, com sua paciência e com sua compreensão, sem ela ao meu lado não teria conseguido, obrigado por sempre estar ao meu lado e por fazer eu continuar em frente. AMOR PARA TODA A VIDA!

RESUMO

LASEVICIUS, THIAGO. **Efeito de diferentes intensidades do treinamento de força nos ganhos de força máxima e hipertrofia muscular.** 2016. 49 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2016.

O presente estudo investigou o efeito de diferentes intensidades do treinamento de força (TF), aplicadas com volume total de treino (VTT) equalizado, nos ganhos de força dinâmica máxima (1RM) e massa muscular dos membros superiores e inferiores. Trinta voluntários do sexo masculino, com idade entre 18 e 30 anos, participaram de 12 semanas de TF com uma frequência semanal de duas sessões. Foi utilizado um protocolo de treinamento unilateral com um dos lados do corpo realizando o exercício com intensidade equivalente a 20% 1RM (G20) e o lado contralateral utilizando uma das três intensidades 40%, 60% ou 80% 1RM (G40, G60 e G80, respectivamente). O grupo G20 realizava três séries compostas de repetições até a falha concêntrica e o VTT era calculado e replicado para os demais grupos. A força dinâmica máxima e a área de secção transversa (AST) dos músculos flexores do cotovelo e do vasto lateral foram avaliadas nos momentos pré, 6 semanas e pós-treinamento. Os resultados demonstraram que os grupos G40, G60 e G80 apresentaram ganhos similares de AST (25%, 25,1% e 25%, flexores do cotovelo e 20,5%, 20,4% e 19,5% vasto lateral, respectivamente, $p < 0,05$). Somente o grupo G80 demonstrou diferença significativa com o grupo G20 na comparação do período pós-treinamento (25% e 14,4%, respectivamente para os flexores do cotovelo e 19,5% e 7,9%, respectivamente para vasto lateral, $p < 0,05$). Para os ganhos de 1RM o grupo G80 demonstrou maiores aumentos após 12 semanas de TF para a flexão unilateral do cotovelo na posição em pé (54,2% $p < 0,05$) e para o *leg press* 45° os grupos G60 e G80 demonstraram os maiores aumentos (55,4% e 45,7%, respectivamente, $p < 0,05$). Assim, quando o VTT foi equalizado entre diferentes intensidades (40, 60 e 80% 1RM) os ganhos da AST tanto dos flexores do cotovelo quanto o vasto lateral foram semelhantes e a intensidade de 20% 1RM não causou aumento significativo da AST. No que diz respeito a força muscular as intensidades mais elevadas (60% e 80% 1RM) foram superiores em promover ganhos de força do que as demais intensidades utilizadas. Esses dados sugerem que ao equalizar o VTT os ganhos de massa muscular são semelhantes para as intensidades de treinamento entre 40-80% 1RM. Além disso, a intensidade de 20% 1RM, mesmo com o VTT equalizado com as intensidades maiores, não promove aumentos de massa muscular para ambos os segmentos corporais. Por outro lado, intensidades altas de treinamento produzem os maiores ganhos de força máxima em membros superiores e inferiores.

Palavras chaves: volume total de treino, massa muscular, segmentos corporais.

ABSTRACT

LASEVICIUS, THIAGO. **Effect of different intensities of strength training on maximum strength and muscle hypertrophy**. 2016. 49 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2016.

The present study investigated the effect of different resistance training (RT) intensities, with equal total training volume (TTV), on maximal dynamic strength (1RM) and upper and lower limbs muscle cross sectional area (CSA). Thirty men engaged in a twice a week training period for 12 weeks. The study was carried out with a within subject design. Thus, one leg and one arm were set at 20% 1RM (G20) for all subjects and the contralateral side was randomly assigned to one of three possible groups (*i.e.* G40, G60 and G80, 40%, 60% and 80% 1RM, respectively). The leg and arm that were set at 20% 1RM always started the resistance training session and performed 3 sets to concentric muscle failure. TTV (sets x repetition x mass) was recorded and replicated to other groups. The maximal dynamic strength and elbow flexors and vastus lateralis CSA were assessed at pre, 6 weeks and post intervention. The main results showed similar increases in CSA for G40, G60 and G80 groups (25%, 25.1% and 25%, elbow flexors and 20.5%, 20.4% and 19.5% vastus lateralis, respectively, $p < 0.05$). Only the G80 group showed significant difference from G20 group after 12 weeks of resistance training (25% and 14.4%, respectively for elbow flexors and 19.5% and 7.9%, respectively for vastus lateralis, $p < 0.05$). Regarding 1RM the G80 group showed the greatest increase post 12 weeks of resistance training for elbow flexion (54.2% $p < 0.05$) and for leg press 45° the groups G60 and G80 showed the greatest increases (55.4% e 45.7%, respectively, $p < 0.05$). In summary, when different RT intensities (40, 60 and 80% 1RM) performed the same TTV gains of CSA for elbow flexors and vastus lateralis muscles are similar between them and intensities of 20% 1RM did not result a significant increase in CSA. For muscle strength the highest intensities (60% and 80% 1RM) seemed to be superior to promote strength gains than other intensities. These findings indicate that intensities between 40-80% 1RM with equal TTV can elicit significant increase in muscle hypertrophy in upper and lower limbs; however, high intensities are superior to augment strength adaptations in upper and lower limbs.

Key-words: total training volume, muscle mass, body segments.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVO	12
3	REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1	Intensidade	13
3.1.1	Respostas agudas e crônicas à intensidade do treinamento de força	13
3.2	Volume.....	19
3.2.1	Respostas agudas e crônicas ao volume de treinamento.....	20
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
4.1	Amostra.....	25
4.2	Delineamento experimental	25
4.3	Teste de força dinâmica máxima (1RM)	26
4.4	Mensuração da área de secção transversa (AST) dos músculos flexores do cotovelo e do quadríceps femoral.....	27
4.5	Programa de treinamento de Força	30
5	RESULTADOS.....	32
5.1	Área de Secção Transversa (AST).....	33
5.2	Força Dinâmica Máxima (1RM).....	34
6	DISCUSSÃO	37
7	CONCLUSÃO	41
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
	ANEXO	48

1 INTRODUÇÃO

O treinamento de força (TF) é uma das estratégias mais eficazes para o aumento da quantidade de força e de massa muscular em diferentes populações. Além dos efeitos benéficos associados à saúde e à qualidade de vida, os ganhos de força e de massa muscular também têm efeitos positivos no desempenho de indivíduos envolvidos em tarefas físico-esportivas (LOS ARCOS et al., 2014; MARKOVIC et al., 2007; PAREJA-BLANCO et al., 2014).

Em um programa de TF, a manipulação de algumas variáveis que afetam a carga de treinamento pode influenciar de maneira determinante as adaptações relacionadas ao desempenho de força e à quantidade de massa muscular. Dentre estas variáveis encontram-se o intervalo de descanso entre as séries, a frequência, o volume e a intensidade de treinamento (ACSM, 2009; CAMPOS et al., 2002; FRY, 2004; GOTO et al., 2005; KRAEMER; RATAMESS, 2004; LEGER et al., 2006; LAMON et al., 2009; MCLESTER; BISHOP; GUILLIAMS, 2000; MITCHELL et al., 2012; OGASAWARA et al., 2013; PETERSON et al., 2011; RONNESTAD et al., 2007; SOONESTE et al., 2013). Com destaque, a relação entre as variáveis volume e intensidade vem sendo alvo de investigações recentes na tentativa de determinar uma dose-resposta que maximize as adaptações relacionadas ao desempenho de força e a quantidade de massa muscular após um programa de TF (ALEGRE et al., 2014; MITCHELL et al., 2012; OGASAWARA et al., 2013; PETERSON et al., 2011; RADAELLI et al., 2015; RØNNESTAD et al., 2007; SOONESTE et al., 2013).

Considerando a manipulação da intensidade, para indivíduos treinados em força, o TF tradicional utiliza-se de valores ao redor de 70-80% da força dinâmica máxima (1RM) para promover os ganhos de força e de massa muscular (ACSM, 2009). Acredita-se que intensidades elevadas têm um papel fundamental para desencadear aumentos mais pronunciados na quantidade de força produzida pela musculatura esquelética (AAGAARD et al., 2002; CAMPOS et al., 2002; MITCHELL et al., 2012; OGASAWARA et al., 2013). Adicionalmente, intensidades altas parecem ocasionar maiores adaptações neurais, as quais estão associadas aos maiores ganhos de força muscular após um período de TF (AAGAARD et al., 2002; CAMPOS et al., 2002; NARICI et al., 1996).

Por outro lado, alguns autores têm demonstrado que a utilização de intensidades baixas a moderadas (<50% 1RM), também pode promover ganhos de massa muscular similares ao TF com intensidades altas (LAMON et al., 2009; LEGER et al., 2006; MITCHELL et al., 2012; OGASAWARA et al., 2013; SCHOENFELD; PETERSON;

CONTRERAS, 2015). Entretanto, ao utilizar intensidades mais baixas de treinamento, o volume parece exercer um papel tão importante quanto à intensidade. Recentemente, alguns estudos têm mostrado que a utilização de volumes mais elevados associados às intensidades baixas de treinamento resultam em aumentos semelhantes tanto na síntese de proteínas miofibrilares (SPM) quanto nos ganhos de massa muscular, em comparação ao TF com intensidades altas (e.g. 30% vs. 90% 1RM) (BURD et al., 2010; MITCHELL et al., 2012; OGASAWARA et al., 2013; TANIMOTO; ISHII, 2006). Desta forma, para os ganhos de massa muscular, o importante poderia ser também o volume de treinamento, ou ainda, uma interação entre intensidade e volume, modificando o pensamento de que somente a intensidade seria a principal variável.

Embora alguns estudos sugiram que o volume total de treinamento (VTT) seja importante para promover os ganhos de força e de massa muscular (PETERSON; RHEA; ALVAR, 2004; RHEA et al., 2003; RONNESTAD et al., 2007; SOONESTE et al., 2013) sua dose-resposta e a interação entre intensidade e volume ainda não estão esclarecidas na literatura. Num programa de TF, o VTT é calculado multiplicando-se o número de séries, pelo número de repetições, pela quantidade de massa levantada (intensidade) em cada repetição (*i.e.* nº séries x nº repetições x massa levantada). Assim, a utilização de diferentes intensidades modifica diretamente o resultado final do VTT. Alguns estudos verificaram que um VTT mais elevado pode promover ganhos de força e, principalmente, de massa muscular superiores a VTT mais baixos (PETERSON et al., 2011; RONNESTAD et al., 2007; SOONESTE et al., 2013). Desta forma, torna-se necessário a equalização do VTT para compreender como o uso de diferentes intensidades do TF pode influenciar as adaptações relacionadas ao desempenho da força e à quantidade de massa muscular.

Outro aspecto a ser considerado é a resposta dos diferentes segmentos corporais (*i.e.* membros superiores e inferiores) ao estímulo do TF. A literatura tem mostrado que membros superiores respondem em maior magnitude ao TF, tanto nos ganhos de força quanto de massa muscular, quando comparados aos membros inferiores (ABE et al., 2000; NARICI; KAYSER, 1995; WERNBOM; AUGUSTSSON; THOMEÉ, 2007). Além disso, alguns estudos encontraram que a resposta de membros superiores e inferiores é distinta quando comparados diferentes VTT (HUMBURG et al., 2007; PAULSEN; MYKLESTAD; RAASTAD, 2003; RONNESTAD et al., 2007). Os membros superiores parecem necessitar de menores VTT para atingir ganhos significantes de força e de massa muscular (HUMBURG et al., 2007; PAULSEN; MYKLESTAD; RAASTAD, 2003; RONNESTAD et al., 2007), enquanto os membros inferiores necessitam de VTT mais altos para atingir ganhos similares

(HUMBURG et al., 2007; PAULSEN; MYKLESTAD; RAASTAD, 2003; RONNESTAD et al., 2007). Assim, o VTT parece resultar em adaptações distintas nos membros superiores e inferiores. Por outro lado, ainda é desconhecido se o uso de diferentes intensidades do TF pode gerar adaptações distintas no desempenho da força e na quantidade de massa muscular nos diferentes segmentos corporais.

Dessa maneira, intensidades baixas e moderadas associadas a um VTT elevado parecem promover ganhos de massa muscular semelhantes à intensidades elevadas; porém, ainda não é claro se o uso de diferentes intensidades de TF (baixa, moderada e alta) com VTT equalizado, poderia promover ganhos de força e de massa muscular semelhantes. Além disso, é necessário compreender como a relação volume e intensidade modula as respostas adaptativas funcionais e morfológicas em membros superiores e inferiores após um período de TF.

Assim, este estudo teve como hipótese que ao equalizar o VTT os ganhos de massa muscular seriam semelhantes entre as diferentes intensidades do TF (20%, 40%, 60% e 80% 1RM); porém, os ganhos de força máxima seriam maiores nas intensidades mais elevadas (60% e 80% 1RM). Ademais, os membros superiores demonstrariam maior magnitude nas adaptações funcionais e morfológicas quando comparados aos membros inferiores.

2 OBJETIVO

Avaliar o efeito de diferentes intensidades (20%, 40%, 60% e 80% 1RM) de protocolos de treinamento de força, executados com volume total de treinamento equalizado, nos ganhos de força dinâmica máxima (1RM) e de massa muscular dos membros superiores e inferiores de indivíduos treinados em força.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta revisão foram abordadas as variáveis intensidade e volume do TF, as quais têm demonstrado influenciar diretamente os ganhos de força e de massa muscular.

3.1 Intensidade

A intensidade é uma das variáveis mais estudadas na literatura relacionada ao TF, podendo ser prescrita de forma relativa, pelo percentual de 1RM (% 1RM), ou de forma absoluta, através da utilização de repetições máximas (RM). As recomendações sobre a intensidade adequada do treinamento sempre foram assertivas em destacar o uso de pesos elevados (>70% 1RM) especialmente quando os objetivos eram os ganhos de força e de massa muscular e a melhora na capacidade funcional do indivíduo (JANSSEN et al., 2004; KRAEMER; RATAMESS, 2004; LOS ARCOS et al., 2014; MARKOVIC et al., 2007; PAREJA-BLANCO et al., 2014). Adicionalmente, vários estudos suportam essa recomendação (AAGAARD et al., 2002; ACSM, 2009; CAMPOS et al., 2002; FRY, 2004; PETERSON; RHEA; ALVAR, 2004). Por outro lado, existem evidências de que a utilização de intensidades elevadas não seria a única forma de obter ganhos de massa muscular, ou seja, a utilização de intensidades moderadas e baixas, associadas a um alto volume de treino também resultaria em ganhos semelhantes às intensidades elevadas (LAMON et al., 2009; LEGER et al., 2006; MITCHELL et al., 2012; OGASAWARA et al., 2013).

Porém, a maioria dos estudos envolvendo diferentes intensidades de TF não equalizou o VTT (MITCHELL et al., 2012; OGASAWARA et al., 2013; SCHOENFELD; PETERSON; CONTRERAS, 2015; SCHUENKE et al. 2012), dificultando a compreensão do papel da intensidade nos ganhos de massa muscular.

3.1.1 Respostas agudas e crônicas à intensidade do treinamento de força

A intensidade do treinamento de força, mesmo que de forma aguda, pode afetar os processos anabólicos (*i.e.* síntese proteica) e catabólicos (*i.e.* degradação proteica) modificando o balanço proteico muscular. Nesse sentido, Kumar et al. (2009) verificaram a relação dose-reposta entre intensidade e taxa de síntese proteica, submetendo jovens e idosos a sessões agudas de TF realizadas com intensidades entre 20% e 90% 1RM. Após as sessões experimentais, foi observado um pequeno aumento, porém significativo, na taxa de síntese proteica em resposta às intensidades entre 20% e 40% 1RM (~33% e ~43%, respectivamente).

Em contrapartida, a intensidade de 60% 1RM apresentou um aumento mais acentuado (~60%) da taxa de síntese. Porém, o aumento da intensidade para valores entre 75-90% 1RM não resultou em aumentos adicionais significantes na síntese proteica (~63%). Assim os autores verificaram a presença de um platô ao redor da intensidade de 60% 1RM. Vale ressaltar que neste estudo o VTT e o tempo sob tensão foram equalizados entre as sessões com diferentes intensidades, o que permitiu atribuir os achados à manipulação da intensidade. Deste modo, esses resultados demonstram não ser necessária a utilização de intensidades muito elevadas para estimular a síntese proteica.

Por outro lado, Burd et al. (2010) investigaram o impacto de duas diferentes intensidades de TF (30% e 90% 1RM) aplicadas com VTT distintos na estimulação da taxa de síntese proteica. Nesse estudo foram utilizadas quatro séries compostas de repetições até a falha concêntrica, com 30% ou 90% 1RM. Uma terceira condição foi realizada com 30% 1RM igualando o VTT com a condição 90%. A condição de 30% até a falha concêntrica apresentou um VTT significativamente maior do que as outras duas condições (710 kg, 632 kg, 1073 kg, para 90%, 30% equalizado e 30% 1RM até a falha, respectivamente). A taxa de síntese de proteínas miofibrilares (SPM) aumentou 4 horas pós-exercício para todas as condições (301% e 279% para as intensidades de 90% e 30% 1RM até a falha, respectivamente); contudo, a condição 30% com VTT equalizado apresentou valores bem abaixo das outras duas condições (87%). Curiosamente, a SPM continuou aumentada 24 horas pós-exercício somente no grupo 30% 1RM que realizou as repetições até a falha concêntrica. Esses resultados sugerem que quando o exercício é realizado com intensidade baixa e um volume elevado o aumento da taxa de síntese proteica é semelhante entre as diferentes intensidades, ou seja, ao utilizar intensidades baixas de TF seria necessário um VTT elevado para promover uma estimulação semelhante na síntese proteica à intensidades altas. Desta forma, parece que intensidades baixas e moderadas (30-50% 1RM) são igualmente eficientes à intensidades altas (>70% 1RM) para estimular a síntese proteica e promover um balanço proteico positivo o que poderia estar associado de forma crônica ao incremento do número e do diâmetro das miofibrilas, resultando no aumento da AST e consequentemente um aumento na força devido ao aumento de material contrátil na musculatura esquelética.

A utilização de diferentes intensidades no TF, de forma crônica, pode também promover adaptações distintas na musculatura esquelética. Nesse sentido, em um trabalho clássico, DeLorme (1945) sugeriu que um programa de treinamento utilizando um número de repetições reduzido e intensidade alta favoreceria as adaptações para força e potência, e ao utilizar um número alto de repetições e intensidade baixa, promoveria uma adaptação para

resistência muscular. Muitos anos depois Anderson e Kearney (1982) testaram a sugestão de DeLorme (1945) investigando o efeito da combinação de diferentes intensidades e números de repetições nas respostas adaptativas da força muscular. Para isso, foram utilizados três grupos: intensidade alta (3 x 6-8RM), intensidade baixa (3 x 30-40RM) e intensidade muito baixa (1 x 100-150RM). Após nove semanas de treinamento no exercício supino, o grupo intensidade alta obteve os maiores aumentos de força máxima (20,2%) comparados aos grupos intensidade baixa (8,2%) e muito baixa (4,9%). Entretanto, quando analisada a resistência muscular, o grupo intensidade alta apresentou um decréscimo de 7% no teste de repetições máximas (realizado com 40% 1RM), enquanto que os grupos intensidade baixa e muito baixa apresentaram aumentos significantes no teste de repetições máximas (22,4% e 28,4%, respectivamente). Esses resultados demonstraram que a musculatura esquelética adaptou-se de maneira específica ao estímulo oferecido pela manipulação da intensidade e do número de repetições. Estes dados deram suporte à proposição do *continuum* de repetições (ANDERSON; KEARNEY, 1982) ou *continuum* de repetições máximas (FLECK; KRAEMER, 1988) os quais exploraram a relação entre a intensidade e o número de repetições indicando adaptações distintas ao TF dependentes da interação entre estas variáveis.

Considerando esta informação, Campos et al. (2002) conduziram um dos primeiros estudos que testou o conceito de *continuum* associado aos ganhos de força e de massa muscular em indivíduos destreinados em força. Os autores utilizaram três protocolos de TF distintos: número de repetições baixo e intensidade alta (quatro séries de 3-5RM ~90% 1RM); número de repetições moderado e intensidade alta (três séries de 9-11RM ~75% 1RM) e número de repetições alto e intensidade moderada (duas séries de 20-28RM ~60% 1RM). Os exercícios utilizados nos três protocolos foram o *leg press*, o agachamento e a extensão do joelho. Deve ser mencionado que nesse estudo o VTT entre os grupos foi equalizado, a fim de comparar as diferentes intensidades de treinamento. Após oito semanas de TF, os autores observaram que o grupo que treinou com um número de repetições baixo e intensidade alta obteve maiores ganhos de força (~50%) e aumentos similares da área de secção transversa (AST) das fibras tipo I, IIA e IIX (12,5%, 19,5% e 26%, respectivamente) quando comparado ao grupo que treinou com um número de repetições moderado e intensidade alta (~37% para os ganhos de força e 11,6%, 14% e 21,4%, fibras do tipo I, IIA e IIX, respectivamente). O grupo que treinou com um número de repetições alto e intensidade moderada apresentou resultado inferior nos ganhos de força (32%), além de não apresentar mudanças significantes na AST das fibras tipo I, IIA e IIX (9,3%, 7,3% e 11,8%, respectivamente) indicando assim

que, a utilização de intensidades elevadas (75-90% 1RM) foi mais eficaz em estimular a hipertrofia das fibras musculares.

Aplicando um protocolo de TF similar ao do estudo de Campos et al. (2002), Leger et al. (2006) dividiram adultos jovens em dois grupos: o primeiro grupo com um número de repetições alto (20-28 repetições) e intensidade moderada (60% 1RM) e o segundo com um número de repetições baixo (3-5 repetições) e intensidade alta (90% 1RM). Importante ressaltar que o VTT foi equalizado entre os grupos. Após oito semanas de treinamento, houve um aumento da AST do quadríceps femoral de aproximadamente 10% e um aumento na força máxima de 20% no exercício cadeira extensora e 15% no exercício agachamento, não havendo diferença significativa entre os grupos.

De forma semelhante, Lamon et al. (2009) replicaram os protocolos usados por Leger et al. (2006): repetições altas (20-28 repetições) e intensidade moderada (60% 1RM) e repetições baixas (3-5 repetições) e intensidade alta (90% 1RM). Foram encontrados 10% de aumento na AST do quadríceps femoral e 20% de aumento na força dinâmica máxima no exercício cadeira extensora e 15% no exercício agachamento para ambos os grupos, não havendo diferença estatística entre eles. Os resultados de Leger et al. (2006) e Lamon et al. (2009) parecem demonstrar que intensidades moderadas (60% 1RM) de TF fornecem estímulos suficientes para os ganhos de massa muscular, contrariando assim os achados de Campos et al. (2002) de que somente a utilização de intensidades elevadas (75-90% 1RM) poderia produzir ganhos de massa muscular.

Outros estudos tentaram utilizar intensidades muito baixas de treinamento (~15% 1RM) para verificar se o estímulo oferecido seria suficiente para gerar ganhos de força e de massa muscular. Desta maneira, Moss et al. (1997) utilizaram diferentes intensidades de treinamento (90%, 35% e 15% 1RM) no exercício flexão do cotovelo e mensuraram os ganhos de força e de massa muscular em indivíduos bem adaptados ao TF. Para isso, foram realizadas de três a cinco séries com duas, sete e dez repetições nas intensidades de 90%, 35% e 15% 1RM, respectivamente. O grupo que treinou com intensidade alta (90% 1RM) obteve os maiores ganhos de força (15,2%), já o grupo intensidade baixa (35% 1RM) obteve 10,1% de aumento de força, e o grupo intensidade muito baixa (15% 1RM) obteve 6,6% de ganho de força. Porém, ao verificar os ganhos de massa muscular, somente o grupo que utilizou a intensidade de 35% 1RM demonstrou aumento significativo de 2,8% enquanto as demais intensidades obtiveram um aumento similar, porém não significativo de 2,1%. É preciso destacar que o VTT para as intensidades selecionadas (~5263 kg, ~7467 kg e ~4266 kg, G90, G35 e G15, respectivamente) foi considerado baixo para o estado de treinamento dos

indivíduos do estudo, o que poderia atenuar os ganhos de massa muscular. Esta é uma importante limitação uma vez que alguns estudos têm demonstrado a importância de um VTT elevado quando se utiliza em particular intensidades baixas de TF (BURD et al., 2010a; BURD et al., 2010; MITCHELL et al., 2012; OGASAWARA et al., 2013).

Usando uma intensidade muito baixa similar ao estudo de Moss et al. (1997), Holm et al. (2008) verificaram os efeitos de diferentes intensidades de treinamento (15,5% e 70% 1RM) nos ganhos de força e de massa muscular em indivíduos destreinados em força. Os sujeitos do estudo executaram o exercício extensão unilateral do joelho, no qual em uma perna foi realizado o exercício com uma intensidade de 15,5% 1RM e na perna contralateral foi utilizada a intensidade de 70% 1RM. Foram executadas 10 séries para cada uma das condições, a perna que realizou o exercício com 15,5% 1RM executou 36 repetições em cada série, já a perna que utilizou 70% 1RM realizou oito repetições por série. Após 12 semanas de treinamento a AST do quadríceps aumentou o triplo do valor para a perna que treinou com a intensidade de 70% 1RM (~7,5%) comparada com a perna que treinou a 15,5% 1RM (~2,5%). Quando comparados os ganhos de força, a perna que treinou com 70% 1RM apresentou um aumento de força aproximadamente de 35%, o qual foi significativamente maior que a alteração na perna que treinou a 15,5% 1RM (~19%). Assim, parece que as intensidades ao redor de 15% 1RM talvez não produzam estímulos suficientes para os ganhos de força e massa muscular, ou ainda, que ao utilizar intensidades muito baixas de treinamento seja necessário aplicar VTT mais elevados para produzir os mesmos ganhos de massa muscular às intensidades altas.

Outros autores tentaram demonstrar que intensidades baixas de TF (~30% 1RM) associadas a um VTT elevado poderiam promover ganhos de massa muscular semelhantes à intensidades elevadas (80% 1RM). Desta maneira, Mitchell et al. (2012), submeteram indivíduos fisicamente ativos a três protocolos de TF com o uso do exercício extensão unilateral do joelho. Os protocolos eram realizados da seguinte forma: três séries com 80% 1RM (80-3); três séries com 30% 1RM (30-3) e uma série com 80% 1RM (80-1). Todos os grupos realizaram as repetições até a falha concêntrica. Após 10 semanas, o volume muscular aumentou significativamente para os grupos 30-3 e 80-3 (6,8% e 7,2%, respectivamente), não sendo encontrada diferença entre os grupos. O grupo 80-1 também demonstrou ganhos significantes no volume muscular do quadríceps (3,2%); porém, o ganho foi inferior aos outros dois grupos. Ao analisar as fibras musculares, o grupo 30-3 demonstrou maior aumento na AST das fibras do tipo I (~18,8%), enquanto que, os grupos que utilizaram intensidade alta demonstraram maiores aumentos nas fibras do tipo II (~13,4% e 15,7%, 80-3 e 80-1,

respectivamente). Quando analisados os ganhos de força, os grupos 80-3 e 80-1 obtiveram aumentos de ~22,5% enquanto que, o grupo 30-3 obteve um aumento de 16,5%. Uma limitação desse estudo foi a não equalização do VTT entre os grupos, assim o grupo 30-3 executou um volume superior aos demais grupos o que pode ter interferido nos resultados finais.

Corroborando com esses resultados de que intensidades baixas, associadas a um VTT elevado, também são eficientes em aumentar a massa muscular, Ogasawara et al. (2013) aplicaram um protocolo de TF por seis semanas, em indivíduos destreinados em força, composto de 3 séries de 10 repetições com intensidade equivalente a 75% 1RM no exercício supino. Após o término das seis semanas, os indivíduos passaram por um período de *washout* e ficaram sem treinar durante 12 meses e, após esse período, eles foram submetidos novamente a 6 semanas de treinamento, desta vez com 4 séries de repetições até a falha concêntrica com uma intensidade de 30% 1RM. Após as primeiras seis semanas com o exercício realizado a 70% 1RM ocorreram aumentos de ~18% e ~12% na AST dos músculos peitoral maior e tríceps braquial, respectivamente. Já após as seis semanas de TF com o exercício a 30% 1RM, foram observados ganhos de ~21% e de ~10% nos mesmos grupos musculares. Deve ser mencionado que não houve diferença significativa na AST entre os períodos de TF. Contudo, os ganhos de força foram maiores no período com intensidade equivalente a 70% 1RM (~20%) do que no período com intensidade a 30% 1RM (~8%). Os autores não equalizaram o VTT entre os diferentes períodos de TF, podendo a diferença de volume ter interferido no resultado final.

Schoenfeld, Peterson e Contreras (2015) foram um dos primeiros a demonstrarem as adaptações de membros superiores e inferiores com a utilização de diferentes intensidades de TF. Os autores utilizaram protocolos de intensidade alta e baixa durante 8 semanas, para membros superiores e inferiores em indivíduos treinados. O grupo intensidade alta realizou 3 séries de 8 a 12 repetições a ~70-80% 1RM e o grupo intensidade baixa realizou 3 séries de 25-35 repetições a ~30-50% 1RM. Após o período de treinamento a espessura muscular dos grupos intensidade alta e baixa foram similares para os flexores do cotovelo (5,3 e 8,6%, respectivamente), os extensores do cotovelo (6,0 e 5,2%, respectivamente) e o quadríceps femoral (9,3 e 9,5%, respectivamente). Os ganhos de força, no exercício agachamento foram maiores no grupo intensidade alta em comparação com o grupo intensidade baixa (19,6 e 8,8%, respectivamente). Já no exercício supino houve um aumento para o grupo intensidade alta (6,5 e 2%, intensidade alta e baixa, respectivamente). Esse achados confirmam a hipótese de que intensidades mais baixas promovem ganhos similares de massa muscular à

intensidades altas de TF quando um alto volume de treinamento é utilizado. Vale destacar que o VTT não foi equalizado entre os grupos e o grupo intensidade baixa realizou um VTT três vezes maior que o grupo intensidade alta.

Analisando os resultados dos estudos que manipularam as intensidades do TF (ANDERSON; KEARNEY, 1988; CAMPOS et al., 2002; HOLM et al., 2008; LAMON et al., 2009; LEGER et al., 2006; MITCHELL et al., 2012; MOSS et al., 1997; OGASAWARA et al., 2013; SCHOENFELD; PETERSON; CONTRERAS, 2015) podemos verificar que intensidades moderadas e baixas ($\leq 50\%$ 1RM) de TF, quando associadas a um alto volume de treinamento, produzem aumentos de massa muscular similares à intensidades altas. Por outro lado, intensidades elevadas ($\geq 70\%$ 1RM) são mais eficientes em promoverem maiores ganhos de força. Ao considerar os diferentes segmentos corporais, em média, os membros inferiores demonstraram menores ganhos de massa muscular, $\sim 8,6\%$ para intensidades altas ($\geq 70\%$ 1RM) e $\sim 7,8\%$ para intensidades moderadas e baixas ($\leq 50\%$ 1RM), em comparação com os membros superiores, $\sim 9,5\%$ para intensidades altas ($\geq 70\%$ 1RM) e $\sim 12\%$ para intensidades moderadas e baixas ($\leq 50\%$ 1RM). Para os ganhos de força os membros inferiores parecem demonstrar maiores aumentos, $\sim 23\%$ para intensidades altas ($\geq 70\%$ 1RM) e $\sim 17\%$ para intensidades moderadas e baixas, em comparação com os membros superiores, $\sim 16\%$ para intensidades altas ($\geq 70\%$ 1RM) e $\sim 7\%$ para intensidades moderadas e baixas ($\leq 60\%$ 1RM).

Desta forma, ainda são necessárias maiores investigações para compreender como as adaptações na força e na massa muscular, em membros superiores e inferiores, ocorrem com a manipulação de diferentes intensidades de TF especialmente com o VTT equalizado.

3.2 Volume

O VTT, assim como a intensidade, é também uma das variáveis mais estudadas na literatura relacionada ao TF. O VTT no TF é o resultado da multiplicação do número de séries, pelo número de repetições, pela quantidade de massa levantada em cada repetição (séries x repetições x massa levantada). A alteração de um desses fatores influencia diretamente o volume de treinamento. Evidente que o VTT considera a interação entre intensidade e volume; contudo, cabe ressaltar que a literatura ainda não é conclusiva sobre como o VTT afeta os ganhos de força e de massa muscular.

3.2.1 Respostas agudas e crônicas ao volume de treinamento

As respostas adaptativas ao TF decorrente da utilização de VTT mais elevados (*i.e.* séries múltiplas) têm demonstrado, de forma aguda, resultados mais positivos do que menores VTT (*i.e.* séries simples) nas alterações da taxa de SPM. Nesse sentido, Burd et al. (2010a) realizaram um estudo agudo comparando um VTT menor (1 série) com um VTT maior de TF (3 séries) com o objetivo de verificar as modificações na taxa de SPM. Após a execução de séries múltiplas foram encontrados maiores aumentos na taxa de SPM quando comparado com o grupo que treinou com séries simples. Cinco horas pós-exercício, a taxa de SPM estava 310% maior comparada ao período pré-exercício, sendo significativamente maior comparada as séries simples (200%). No período de 29 horas pós-exercício a taxa de SPM ainda continuava elevada (230%) para as séries múltiplas, enquanto que para as séries simples já havia voltado ao valor basal. Esses resultados indicam que o maior VTT realizado em uma sessão de TF produz respostas mais pronunciadas e prolongadas na estimulação da taxa de SPM e, caso essas respostas se mantenham de forma crônica, poderiam explicar em partes os ganhos de massa muscular superiores ao utilizar VTT mais elevados.

A influência do VTT de maneira crônica nos ganhos de força e de massa muscular tem sido discutida, em sua grande maioria, em investigações enfocando os diferentes efeitos entre séries simples e séries múltiplas. Em geral, parece haver maiores respostas adaptativas nos ganhos de força e massa muscular às séries múltiplas (*i.e.* VTT maior) (HUMBURG et al., 2007; KRAEMER et al., 2000; MARSHALL; MCEWEN; ROBBINS, 2011; PETERSON et al., 2011; RONNESTAD et al., 2007; SOONESTE et al., 2013). Berger (1962) foi um dos primeiros a estudar a influência de diferentes volumes e intensidades do TF, nos ganhos de força muscular. Em seu estudo, foram analisadas nove intensidades distintas no exercício supino reto, associadas à uma ou três séries de duas, seis ou 10 repetições máximas (1-3 X 2, 6, 10RM). Após 12 semanas de TF, o treinamento composto por 3 X 6RM produziu os maiores ganhos de força (~34,1%), indicando que o maior volume de treino associado à intensidades altas produzem maiores ganhos de força

Corroborando com esses achados, Kraemer et al. (2000) observaram resultados semelhantes após nove meses de TF. Nesse caso, os sujeitos foram divididos em três grupos: grupo controle, grupo séries simples e grupo séries múltiplas. O grupo série simples treinou em forma de circuito, realizando uma série em cada um dos exercícios. Já o grupo séries múltiplas realizou de 2-4 séries variando a intensidade entre 6-12 repetições máximas. O grupo que treinou com maior VTT (*i.e.* séries múltiplas) obteve os maiores aumentos de

força, nos exercícios supino (36%), *leg press* (22,5%) e desenvolvimento para ombros (30%). Já o grupo treinado com séries simples teve aumentos de 11,4% no supino, 6,6% no *leg press* e 20% no desenvolvimento para ombros. Similarmente aos achados de Berger (1962), os ganhos de força foram superiores no grupo que utilizou um VTT maior, demonstrando assim que, o volume influencia nos ganhos de força.

Outros autores tentaram aplicar VTT bem elevados de treinamento, em indivíduos treinados, para verificar as adaptações nos ganhos de força e de massa muscular. Ostrowski et al. (1997) foram um dos primeiros a elaborar um estudo a este respeito. Nesta investigação, os sujeitos foram divididos em três grupos: VTT baixo (3 séries), VTT moderado (6 séries) e VTT alto (12 séries). Nas primeiras 4 semanas todos os grupos realizaram 12 repetições máxima (RM); da 5 até a 7 semana todos os grupos realizavam 7RM e nas últimas 3 semanas os grupos realizavam 9RM. O grupo VTT baixo obteve aumentos na AST do quadríceps de ~7% e ganhos de força máxima de ~7,5% no exercício agachamento. O grupo VTT moderado aumentou em ~5% a AST do quadríceps e ~5,5% para força dinâmica máxima. Já o grupo VTT alto obteve aumentos de AST do quadríceps de ~13% e ganhos de força máxima de ~11,5%. Entretanto, não houve diferença significativa entre os grupos. Esses resultados indicam que a utilização de 3 séries pode produzir um VTT suficiente para promover adaptações de força e de massa muscular. Ademais, a utilização de um VTT muito elevado parece não produzir efeitos adicionais nos ganhos de força e de massa muscular.

Por outro lado, Paulsen, Mykkestad e Raastad (2003) sugeriram que talvez a realização de um VTT mais baixo teria efeito semelhante nos ganhos de força a um VTT mais elevado, e que talvez as respostas adaptativas para membros superiores e inferiores pudessem diferir frente aos VTT distintos. Para confirmar essa hipótese, os autores utilizaram dois grupos, sendo que o primeiro realizou três séries para membros inferiores e uma série para membros superiores e o segundo grupo realizou uma série para membros inferiores e três séries para membros superiores. Foram realizados três exercícios para os membros inferiores e quatro exercícios para os membros superiores, de forma que, em ambos os grupos as séries consistiam de 7RM. Após seis semanas de TF, o grupo que realizou maior VTT para os membros inferiores teve maiores ganhos de força quando comparado ao grupo que realizou menor VTT (21% e 14%, respectivamente). Contudo, para membros superiores os ganhos de força foram similares entre os grupos (16% e 14%, maior VTT e menor VTT, respectivamente). Esses resultados indicam que membros inferiores necessitam de VTT mais elevados para otimizar os ganhos de força e massa muscular, por outro lado, uma série parece

produzir um VTT suficiente para gerar ganhos de força e de massa muscular em membros superiores.

Utilizando um protocolo semelhante ao estudo anterior, Ronnestad et al. (2007) analisaram se VTT distintos promoveriam respostas morfológicas diferentes em membros superiores e inferiores em indivíduos destreinados. Para isso, o estudo utilizou dois grupos: o primeiro realizou três séries para membros inferiores e uma série para membros superiores e o segundo grupo realizou uma série para membros inferiores e três séries para membros superiores. Ambos os grupos realizaram os mesmos exercícios e a intensidade foi aumentando gradativamente durante o estudo. Nas primeiras duas semanas, os grupos realizavam séries compostas de 10RM, durante a terceira e quarta semana foram realizadas 8RM e no restante do treinamento foram aplicadas 7RM. Após 11 semanas de treinamento, o grupo que realizou 3 séries para membros inferiores teve maiores aumento de força em comparação com o grupo que treinou com 1 série (41% e 21%, respectivamente). Já para membros superiores, os grupos obtiveram ganhos semelhantes de força (~27%). Com relação a AST houve um aumento significativo no grupo que realizou 3 séries para membros inferiores em comparação ao grupo que realizou 1 série (11% e 7%, respectivamente) não havendo diferença significativa para AST entre os grupos para os membros superiores (13,9% e 9,7%, respectivamente). Esses resultados reafirmam que membros inferiores necessitam de um VTT mais elevado para otimizar os ganhos de força e de massa muscular e que 1 série parece promover um VTT suficiente para produzir aumentos de força e de massa muscular em membros superiores.

Por outro lado, Otto e Carpinelli (2006) acreditavam que os fatores genéticos, ou seja, a interação entre o genótipo e o estímulo de treinamento, poderiam influenciar nas adaptações frente a diferentes VTT do TF e que isso poderia ser um fator interveniente encontrado nos estudos. Nesse sentido, Humburg et al. (2007) utilizaram um desenho experimental *crossover* em indivíduos destreinados, durante 18 semanas, para minimizar os fatores genéticos que poderiam confundir os resultados. Para isso, os autores utilizaram dois grupos: o primeiro grupo realizava durante nove semanas o treino com séries simples, seguido de um período de nove semanas sem treinamento e após esse período os sujeitos eram submetidos novamente ao treinamento sendo ele composto de séries múltiplas. Já o outro grupo realizava a sequência inversa começando com séries múltiplas e terminando com séries simples. Em ambos os casos as séries eram compostas de 6-10RM. Todos os indivíduos que treinaram com maior VTT (*i.e.* três séries), independente da ordem realizada, obtiveram maiores ganhos de força no exercício flexão do cotovelo (13,2%) e supino (16,5%). Entretanto, contrariando os achados

de Paulsen, Myklestad, Raastad (2003) e Ronnestad et al. (2007) não foi encontrada diferença significativa de força para membros inferiores, no exercício *leg press*, quando comparado 1 série com 3 séries (11,5% e 7,2%, respectivamente).

Mais recentemente, Sooneste et al. (2013) utilizaram um design intra-sujeito, na tentativa de diminuir as diferenças individuais que poderiam interferir nos resultados da manipulação de diferentes VTT (*e.g.* séries simples vs séries múltiplas) nos ganhos de força e massa muscular em indivíduos destreinados. Os sujeitos foram submetidos a 1 série em um dos braços e o braço contralateral treinava com 3 séries. A intensidade utilizada foi de 80% 1RM e as séries eram realizadas até atingirem dez repetições ou a falha concêntrica. Após 12 semanas, foram encontrados ganhos de 13,3% na AST e 31,7% na força dinâmica máxima no braço que treinou com 3 séries, já no braço que treinou com 1 série foram encontrados ganhos de 8% na AST e de 20,4% na força dinâmica máxima. Esses resultados indicam uma tendência a um aumento superior da força máxima para o grupo que treinou com maior VTT (3 séries). Por outro lado, os ganhos de massa muscular foram significativamente maiores para o braço que treinou com 3 séries, demonstrando que maiores VTT são mais eficientes em produzir aumentos de massa muscular do que VTT menores.

Outros autores tentaram elucidar se o VTT seria uma variável importante para promover ganhos de força e de massa muscular em homens e mulheres. Desta forma, Peterson et al. (2011) tentaram associar, através da regressão linear, se o VTT seria importante para promover aumentos de força e de massa muscular. Para isso, foram utilizados homens e mulheres realizando o treino de forma unilateral, sendo o braço dominante o grupo experimental e o braço não dominante servindo como controle. Nas semanas de 1-4 eram realizadas 3 x 12RM; nas semanas 5-9 eram realizadas 3 x 8RM; e nas semanas 10-11 eram realizadas 3 x 6RM. O treinamento consistia de três exercícios para os músculos bíceps e tríceps braquial. Após 11 semanas de TF, foi encontrada uma associação entre o VTT e os ganhos de massa muscular para mulheres ($R^2 = 0,97$, $p < 0,01$), para os homens não foi encontrada uma associação entre VTT e ganhos de massa muscular ($p = 0,41$). O VTT também foi associado com aumentos da força para homens e mulheres ($R^2 = 0,77$ e $0,80$, $p < 0,01$, respectivamente). Esses resultados indicam que o VTT é uma variável importante a ser manipulada, demonstrando grande influência no aumento de força em homens e mulheres. Além disso, o VTT também demonstrou ser importante em modular os ganhos de massa muscular em mulheres.

Radaelli et al. (2015) compararam o efeito de diferentes VTT nos ganhos de força e massa muscular durante 6 meses de treinamento em indivíduos sem experiência em TF. Para

isso, os indivíduos foram divididos em 4 grupos: controle, grupo 1 série, grupo 3 séries e grupo 5 séries. Todos os grupos realizavam o TF com uma intensidade de 8-12RM, sendo 3 exercícios para membros superiores e 1 exercício para membros inferiores. Após 6 meses de treinamento a espessura muscular dos flexores do cotovelo foi maior para o grupo 5 séries (~20%) comparado com os demais grupos (~8,5%, ~2,7% e 0%, grupo 3 séries, grupo 1 séries e grupo controle, respectivamente). O grupo 3 séries apresentou aumentos significantes de espessura muscular em comparação ao grupo 1 série e o grupo controle. Já para força o grupo 5 séries e o grupo 3 séries também demonstraram maiores aumentos de força (~35,1%, ~23,6%, respectivamente), quando comparado ao grupo 1 série e grupo controle (~22,4%, ~2,8%, respectivamente). Mais uma vez, parece que VTT mais altos promovem maiores ganhos de força e de massa muscular.

A partir dos estudos apresentados nessa revisão, podemos constatar que a utilização de VTT mais altos produzem maiores ganhos de força e de massa muscular. Além disso, a resposta adaptativa nos ganhos de força e de massa muscular entre os diferentes segmentos corporais, parece ser distinta, mesmo ao aplicar VTT semelhantes. Os membros superiores parecem necessitar de menores VTT para apresentar ganhos significantes de força e de massa muscular, em contrapartida, os membros inferiores necessitam de VTT mais elevados para ampliar os ganhos de força e de massa muscular. Adicionalmente, parece ser mais importante a interação entre intensidade e volume (VTT) do que a manipulação única de uma dessas variáveis. Considerar somente a intensidade ou o volume isoladamente na manipulação do treinamento parece não ser a melhor alternativa para otimizar os ganhos de força e massa muscular.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Amostra

Foram selecionados 30 voluntários do sexo masculino (idade = $24,5 \pm 2,4$ anos; altura = $1,80 \pm 0,07$ m; peso corporal = $77 \pm 16,5$ kg), com pelo menos seis meses contínuos de treinamento de força para membros superiores e inferiores. Todos os sujeitos foram orientados a não realizarem o treinamento de força para os músculos flexores do cotovelo e para o quadríceps. Não foram recrutados voluntários com histórico prévio de lesão articular/muscular ou patologia que pudesse oferecer riscos ao indivíduo ou influenciar os resultados do estudo. Todos os sujeitos participaram voluntariamente do estudo, foram informados sobre os procedimentos e os possíveis riscos e benefícios e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo (Anexo).

4.2 Delineamento experimental

Os participantes realizaram no mínimo três sessões de familiarizações aos testes de força dinâmica máxima (1RM) nos exercícios *leg press* 45° e flexão unilateral do cotovelo em pé, com um intervalo de 72 horas entre as sessões. Durante o período de familiarização foram realizados testes de 1RM para ambos os exercícios até que os resultados encontrados não ultrapassassem uma variação de 5%. Após a familiarização, todos os sujeitos foram submetidos aos testes de 1RM nos exercícios mencionados. Setenta e duas horas após os testes de 1RM foram feitas imagens ultrassonográficas do vasto lateral e dos flexores do cotovelo para a medição da AST dos músculos. Após os testes e captação das imagens, os sujeitos foram alocados de forma randômica e balanceada, tendo como critérios a AST e a força dinâmica máxima dos membros inferiores e superiores, para um dos três grupos: grupo 40% 1RM (n=10, G40), grupo 60% 1RM (n=10, G60) ou grupo 80% 1RM (n=10, G80). No grupo 20% 1RM (n=10, G20), além da distribuição balanceada por força e AST os indivíduos foram distribuídos de forma equivalente em relação ao protocolo utilizado no membro contralateral, ou seja, foram alocados três sujeitos que fizeram 20% 1RM em um lado do corpo e no outro lado 40% 1RM; três sujeitos que fizeram com 20% 1RM em um lado do corpo e no outro lado 60% 1RM e quatro sujeitos que realizaram com 20% 1RM em um lado do corpo e no lado contralateral 80% 1RM. Todos os sujeitos realizaram em um lado do corpo o treinamento com 20% 1RM, já o lado contralateral realizou com a intensidade a qual ele foi designado pela alocação dos grupos, sempre realizando o mesmo VTT do grupo 20% 1RM. O

TF foi realizado duas vezes por semana durante 12 semanas, com um intervalo de 72 horas entre sessões. A mensuração da força dinâmica máxima foi realizada no período pré-treinamento, após seis semanas e 72 horas após a última sessão de treino. Nas semanas quatro e oito foi feito o re-teste da força dinâmica máxima para ajustar os valores de treinamento de cada sujeito e obter uma maior precisão na prescrição da intensidade do TF. A medição da AST ocorreu nos momentos pré-treinamento, seis semanas e 48-72 horas após o último teste de 1RM. Uma ilustração da distribuição e sequência dos procedimentos é apresentada na Figura 1.

FIGURA 1- Ilustração da sequência dos procedimentos e período de treinamento.

US = captação das imagens por ultrassom, 1RM= teste de força dinâmica máxima.

4.3 Teste de força dinâmica máxima (1RM)

Antes do teste de 1RM os sujeitos realizaram um aquecimento geral que consistiu de cinco minutos de corrida em esteira rolante a $9\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. Após o aquecimento geral, foi realizado o aquecimento específico, no exercício a ser testado, que consistiu de uma série de oito e outra de três repetições com 50% e 70% 1RM, respectivamente, estimados nas sessões de familiarização. Após o aquecimento específico, um intervalo de três minutos foi dado antes dos sujeitos serem submetidos ao teste. O teste consistiu na medição da máxima quantidade de peso que pôde ser levantada em um ciclo completo e correto de movimento nos exercícios *leg press* 45° (posição inicial com extensão completa dos joelhos [$\sim 180^\circ$] indo até 90° de flexão e retornando a posição inicial) e flexão unilateral do cotovelo em pé (posição inicial com extensão completa do cotovelo [180°] indo até 70° de flexão e retornando a posição inicial).

Para tanto, foram seguidas as recomendações da Sociedade Americana de Fisiologia do Exercício (BROWN; WEIR, 2001). O peso inicial para o teste máximo foi estimado durante as sessões de familiarização, e a partir disso, o peso levantado foi aumentado até que o sujeito não conseguisse completar um ciclo completo e correto de movimento. O número de tentativas não foi superior a cinco e foi dado um intervalo de descanso de três minutos entre elas. Durante as tentativas os avaliadores forneceram encorajamento verbal.

Os ajustes no equipamento *leg press* 45° (Movement, Brudden, São Paulo, Brasil) para cada sujeito foram obtidos na primeira sessão de familiarização. Inicialmente, o apoio para os pés no equipamento foi dividido em quadrados de 10x10cm com fita adesiva permitindo a anotação do posicionamento dos pés numa folha de papel e garantido a reprodução do mesmo em todas as sessões de testes. Em seguida, a amplitude de movimento para cada repetição foi determinada. Os participantes realizaram uma repetição sem peso, começando com a extensão completa dos joelhos e indo até 90° de flexão. Um goniômetro foi utilizado para confirmar o grau de flexão estipulado. Em seguida, um marcador de plástico foi colocado sobre a coluna lateral do equipamento para demarcar o ponto de flexão do joelho. Uma fita de medição também foi colada sobre a coluna lateral do *leg press* 45° para garantir a reprodutibilidade do posicionamento do marcador.

Para o teste de 1RM no exercício flexão unilateral do cotovelo na posição em pé, os ajustes na posição também foram obtidos na primeira sessão de familiarização. A amplitude de movimento para cada repetição foi determinada, a qual foi de 110° determinada através de um goniômetro. Os sujeitos foram orientados a deixarem o braço contralateral flexionado e posicionado na região lombar para evitar qualquer tipo de auxílio. Além disso, não foram permitidos qualquer forma de movimentação corporal que auxiliasse o sujeito a levantar o peso estipulado. Durante as execuções do exercício, a amplitude do movimento foi controlada visualmente pelos pesquisadores.

4.4 Mensuração da área de secção transversa (AST) dos músculos flexores do cotovelo e do vasto lateral

Foi utilizado um ultrassom modo-B, com transdutor vetorial linear e frequência de 7,5 MHz (SonoAceR3, Samsung Medison Co. Ltda., Gangwon-do, Coréia do Sul) para captar imagens no plano axial do músculo vasto lateral e dos flexores do cotovelo de ambas as coxas e braços. Ao chegarem, os voluntários foram posicionados em decúbito dorsal, com os joelhos e cotovelos estendidos, por aproximadamente 20 minutos para que ocorresse a redistribuição dos fluídos da musculatura avaliada. Após isso, o pesquisador identificou a cabeça e o

epicôndilo lateral do fêmur por meio de palpação e o mesmo procedimento foi realizado para identificar a cabeça e o epicôndilo lateral do úmero. A partir do ponto médio entre os acidentes ósseos, a pele foi demarcada transversalmente com tinta semipermanente a cada 2 cm, para perna e a cada 1 cm para braço, para realização das medidas (ângulo de 90° com o epicôndilo lateral da tíbia e o epicôndilo lateral do úmero). Orientado no plano axial, o transdutor foi alinhado perpendicularmente ao músculo e movido de uma posição central para uma posição lateral ao longo dos pontos previamente marcados na pele, sem exercer pressão sobre o tecido muscular nos pontos de medição. Durante as medidas, os sujeitos foram instruídos a relaxar sua musculatura o máximo possível. As imagens foram gravadas e analisadas posteriormente. Em resumo, as imagens obtidas pelo ultrassom foram ajustadas e sobrepostas reconstituindo a área de secção transversa dos músculos vasto lateral e dos flexores do cotovelo (FIGURAS 2 e 3, respectivamente). Posteriormente a área de secção transversa dos respectivos músculos foram medidas pelo software de digitalização de imagens de uso livre (Image J[®], NIH).

O coeficiente de correlação intra-classe demonstrou uma alta correlação entre as medidas de AST independente do segmento (0,99 para vasto lateral e flexores do cotovelo). O erro típico das medidas da AST do vasto lateral e dos flexores do cotovelo foram 0,16 cm² (0,61%) e 0,12 cm² (0,88%), respectivamente.

FIGURA 2 - Visualização da imagem do músculo vasto lateral

FIGURA 3 - Visualização da imagem dos músculos flexores do cotovelo

4.5 Programa de treinamento de Força

O treinamento de força foi realizado duas vezes por semana, tendo duração de 12 semanas. Os exercícios executados foram a flexão unilateral do cotovelo na posição em pé e a extensão unilateral de joelho no equipamento *leg press* 45°. Um dos lados do corpo sempre realizou o exercício com intensidade equivalente a 20% 1RM, já o lado contralateral realizou o exercício com uma das três intensidades 40%, 60% ou 80% 1RM, dependendo do grupo designado pela alocação inicial dos sujeitos. O treinamento começou com a realização de um aquecimento geral que consistiu de cinco minutos de corrida em esteira rolante a $9\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. Após o aquecimento geral, foi realizado o aquecimento específico que consistiu de duas séries de 5 repetições com intensidade de 50% 1RM em ambos os exercícios. Em seguida, foram realizadas três séries compostas de repetições até a falha concêntrica (impossibilidade do indivíduo executar a fase concêntrica do movimento) com o lado do corpo que realizou 20% 1RM, o qual sempre iniciou a sessão de treinamento. O VTT (série x número de repetições x massa levantada) foi calculado e reproduzido para o lado contralateral com uma das intensidades para a qual o sujeito foi designado. Assim, para as intensidades de 40%, 60% e 80% 1RM o número de séries e repetições não foram fixos, pois o indivíduo realizou o exercício até atingir o VTT do lado 20% 1RM. O posicionamento do corpo e a amplitude de movimento nos exercícios foram os mesmos adotados nos testes de 1RM. A cada sessão de treinamento o exercício inicial foi alternado, ou seja, se em uma sessão o sujeito iniciou o treinamento com a flexão unilateral de cotovelo, a próxima sessão foi iniciada com a extensão unilateral de joelho no equipamento *leg press* 45°.

4.6 Análise Estatística

Inicialmente os dados foram analisados quantitativa e visualmente quanto à normalidade (Shapiro-Wilk) e existência de *outliers* (*Box-plots*). Uma vez determinada a normalidade dos dados, foi utilizada uma Anova *One-way* para comparar os valores de VTT pós-treinamento entre os grupos. Foi empregado um modelo misto tendo grupo (G20, G40, G60 e G80) e tempo (pré-teste, 6 semanas e pós-teste) como fatores fixos e sujeitos como fator aleatório para verificar o efeito do TF sobre a força dinâmica máxima nos exercícios *leg press* 45° e flexão unilateral de cotovelo e sobre a área de secção transversa dos músculos vasto lateral e flexores do cotovelo. Quando encontrado valores de F significantes, o teste *post-hoc* de Tukey foi utilizado para comparações múltiplas. O nível de significância foi estabelecido em $p \leq 0,05$. Os dados foram apresentados como média $\pm$ desvio padrão. O

tamanho do efeito (ES) foi utilizado para verificar a magnitude dos ganhos de força e massa muscular entre o período pré e pós treinamento para os diferentes segmentos corporais. Para as medidas de reprodutibilidade das imagens de ultrassom foi utilizado o coeficiente de correlação intra-classe com um modelo *two-way* com concordância absoluta e a unidade da análise foi a média da medida. Também foram demonstrados o coeficiente de variação e o erro típico da medida.

5 RESULTADOS

Ao final do treinamento foi observado um VTT similar entre os grupos, tanto para membros superiores quanto para membros inferiores (FIGURA 4 e 5, respectivamente). O número de séries e repetições realizadas pelos grupos G20, G40, G60 e G80 para membros superiores foi $3,0 \pm 0$ séries e $67,7 \pm 18,7$ repetições, $2,5 \pm 0,4$ séries e $28,2 \pm 10,5$ repetições, $3,4 \pm 1,4$ séries e $14,5 \pm 4,7$ repetições, $3,1 \pm 0,9$ séries e $10,2 \pm 2,8$ repetições, já para membros inferiores foram realizadas $3,0 \pm 0$ séries e $61,1 \pm 29,9$ repetições, $3,7 \pm 1,0$ séries e $30,8 \pm 8,0$ repetições, $4,5 \pm 1,2$ séries e $18,8 \pm 5,9$ repetições, $4,2 \pm 1$ séries e $14,0 \pm 4,6$ repetições, respectivamente.

FIGURA 4 – Volume total de treino (VTT, kg) dos membros superiores para os grupos G20, G40, G60 e G80 (média±DP).

FIGURA 5 – Volume total de treino (VTT, kg) dos membros inferiores para os grupos G20, G40, G60 e G80 (média±DP).

5.1 Área de Secção Transversa (AST)

A AST foi mensurada pré-treinamento, após 6 semanas e 12 semanas de treinamento. Os dados da AST dos músculos flexores do cotovelo e do vasto lateral podem ser observados nas FIGURAS 6 e 7, respectivamente. Para os flexores do cotovelo os grupos G40, G60 e G80 demonstraram aumentos após 12 semanas de treinamento comparados ao período pré (25,0%, 25,1% e 25,0%, respectivamente, $p<0,05$). O vasto lateral também demonstrou aumentos após 12 semanas de TF para os grupos G40, G60 e G80 comparados ao período pré (20,5%, 20,4% e 19,5% respectivamente, $p<0,05$). Somente o grupo G80 demonstrou diferença significativa com o grupo G20 na comparação do período pós-treinamento (25,0% e 14,4%, respectivamente para os flexores do cotovelo e 19,5% e 7,9%, respectivamente para o vasto lateral, $p<0,05$). O tamanho do efeito também demonstrou resultado similar entre os diferentes segmentos corporais, apresentando um comportamento semelhante tanto para membros superiores (ES: 0,6, 1,9, 1,2 e 1,5, G20, G40, G60 e G80, respectivamente) quanto para membros inferiores (ES: 0,6, 0,9, 1,6, 2,2, G20, G40, G60 e G80, respectivamente).

FIGURA 6 – Área de secção transversa (AST, cm²) dos músculos flexores do cotovelo nos momentos pré, 6 semanas e 12 semanas pós-treinamento para os grupos G20, G40, G60 e G80 (média±DP). *diferença significativa em relação ao pré-teste ($p < 0,05$), #diferença significativa em relação ao pós-teste do grupo G20 ($p < 0,05$).

FIGURA 7 – Área de secção transversa (AST, cm²) do músculo vasto lateral nos momentos pré, 6 semanas e 12 semanas pós-treinamento para os grupos G20, G40, G60 e G80 (média±DP). *diferença significativa em relação ao pré-teste ($p < 0,05$), #diferença significativa em relação ao pós-teste do grupo G20 ($p < 0,05$).

5.2 Força Dinâmica Máxima (1RM)

A força dinâmica máxima foi mensurada pré-treinamento e após 6 semanas e 12 semanas de treinamento. Os resultados dos testes de 1RM nos exercícios flexão unilateral do

cotovelo na posição em pé e *leg press 45°* podem ser visualizados na FIGURA 8 e 9, respectivamente. Para a flexão unilateral do cotovelo na posição em pé todos os grupos obtiveram aumentos 12 semanas pós-treinamento comparados com o período pré (35,1%, 26,7%, 33,6% e 54,1% para os grupos G20, G40, G60 e G80, respectivamente, $p<0,05$). Com exceção do grupo G40, todos os grupos também obtiveram aumentos de força após 6 semanas de treinamento (27,0%, 30,0% e 31,6%, para G20, G60 e G80, respectivamente, $p<0,05$). O grupo G80 demonstrou aumento significativo após 12 semanas de treinamento comparado com o período pós dos outros grupos ($p<0,05$).

Para o exercício *leg press 45°* os grupos demonstraram aumentos significantes após 12 semanas de treinamento comparados com o período pré (27,7%, 30,4%, 55,4% e 45,7% para os grupos G20, G40, G60 e G80, respectivamente, $p<0,05$). Os grupos G40, G60 e G80 obtiveram aumento de força após 6 semanas de treinamento comparado com o período pré-treino (27,9%, 32,1% e 25,6%, respectivamente, $p<0,05$). O grupo G60 e G80 demonstraram aumentos significantes após 12 semanas de treinamento comparados com o período pós dos demais grupos (55,4% e 45,7%, respectivamente, $p<0,05$).

O tamanho do efeito também demonstrou resultado similar entre os diferentes segmentos corporais, apresentando um comportamento semelhante tanto para membros superiores (ES: 3,0, 1,5, 1,5, 3,8, G20, G40, G60 e G80, respectivamente) quanto para membros inferiores (ES: 2,2, 1,4, 2,4, 2,8, G20, G40, G60 e G80, respectivamente).

FIGURA 8 – Força dinâmica máxima (1RM, kg) no exercício flexão do cotovelo na posição em pé nos momentos pré, 6 semanas e 12 semanas pós-treinamento para os grupos G20, G40, G60 e G80 (média±DP). *diferença significativa em relação ao pré-teste ($p<0,05$), #diferença significativa em relação ao pós-teste dos grupos G20, G40 e G60 ($p<0,05$).

FIGURA 9 – Força dinâmica máxima (1RM, kg) no exercício *leg press 45°* nos momentos pré, 6 semanas e 12 semanas pós-treinamento para os grupos G20, G40, G60 e G80 (média±DP). *diferença significativa em relação ao pré-teste ($p<0,05$), #diferença significativa em relação ao pós-teste dos grupos G20 e G40 ($p<0,05$).

6 DISCUSSÃO

O presente estudo testou a hipótese que ao equalizar o VTT os ganhos de massa muscular seriam semelhantes entre as diferentes intensidades empregadas no TF (20%, 40%, 60% e 80% 1RM) e que os ganhos de força dinâmica máxima seriam maiores nas intensidades mais elevadas (60% e 80% 1RM). Além disso, os membros superiores iriam demonstrar maior magnitude nas adaptações funcionais e morfológicas do que os membros inferiores. Os principais achados demonstraram que os ganhos de massa muscular foram semelhantes entre as intensidades 40%, 60% e 80% 1RM. Além disso, a intensidade de 20% 1RM não apresentou efeito significativo nos ganhos de massa muscular para ambos os segmentos corporais. Para a força dinâmica máxima todos os grupos experimentais obtiveram ganhos significantes do período pré para o período pós-treinamento, e o tamanho do efeito foi semelhante entre membros superiores e inferiores. O grupo G80 apresentou os maiores aumentos de força para membros superiores, já para membros inferiores os grupos G60 e G80 demonstraram os maiores aumentos de força. Ademais, os membros superiores e inferiores demonstraram efeito similar nas adaptações morfológicas e funcionais.

Estudos anteriores que investigaram o efeito de diferentes intensidades do TF nos ganhos de massa muscular apresentaram resultados divergente, alguns reportando ganhos similares de massa muscular entre intensidades altas e baixas de treinamento (LAMON et al., 2009; LEGER et al., 2006; MITCHELL et al., 2012; OGASAWARA et al., 2013; SCHOENFELD; PETERSON; CONTRERAS, 2015) e outros apresentando respostas inferiores nos ganhos de massa muscular ao utilizar intensidades moderadas e baixas de treinamento (CAMPOS et al., 2002; HOLM et al., 2008; SCHUENKE et al., 2012). Essa discrepância na literatura pode estar relacionada à diferença de VTT encontrada nos estudos. A maioria das investigações que demonstra efeito semelhante nos ganhos de massa muscular entre intensidades altas e baixas de TF, não equalizam o VTT. Nestes casos, os grupos que utilizaram intensidades baixas de treinamento produziram um VTT quase 3 vezes maior do que os grupos com intensidades altas (MITCHELL et al., 2012; OGASAWARA et al., 2013; SCHOENFELD; PETERSON; CONTRERAS, 2015), podendo essa diferença de VTT, ser um dos principais fatores para os ganhos de massa muscular semelhantes entre as diferentes intensidades.

O presente estudo foi o primeiro a utilizar diferentes intensidades do treinamento com o VTT equalizado e, demonstrou que as intensidades entre 40-80% 1RM apresentaram ganhos similares de massa muscular, contrariando alguns autores que defendiam que os ganhos semelhantes de massa muscular, entre intensidades altas e baixas de treinamento, era

devido à diferença do VTT mais elevado utilizado nas intensidades baixas (MITCHELL et al., 2012; OGASAWARA et al., 2013; SCHOENFELD; PETERSON; CONTRERAS, 2015). É possível que a interação entre volume e intensidade seja um fator determinante para promover ganhos de massa muscular similares entre as diferentes intensidades, e isso poderia justificar os ganhos de massa muscular semelhantes entre as intensidades de 40%, 60% e 80% 1RM, uma vez que os grupos realizaram VTT similares entre eles. Entretanto, parece que aumentar o VTT para o grupo intensidade alta não produziu maiores ganhos de massa muscular, podendo indicar um platô no VTT. De fato, tem-se demonstrado que utilizar volumes elevados de treinamento (> 3 séries) não resultam em ganhos adicionais de massa muscular (OSTROWSKI et al., 1997).

Por outro lado, para intensidades ao redor de 20% 1RM, mesmo ao utilizar um VTT elevado, não foram encontrados aumentos significantes na AST, tanto para os flexores do cotovelo quanto para o vasto lateral. Esses resultados refutam parcialmente nossa hipótese pois, nem todas as intensidades foram capazes de promover ganhos de massa muscular. Parece razoável assumir que exista um limiar mínimo de intensidade para promover ganhos de massa muscular e, mesmo ao utilizar VTT elevados, intensidades ao redor de 20% 1RM parecem não oferecer estímulos suficientes para produzir aumentos significantes de massa muscular. O menor aumento da taxa de síntese proteica após uma sessão de TF com intensidade de 20% 1RM (KUMAR et al., 2009), pode explicar, pelo menos parcialmente, os nossos resultados. Assim, talvez seja necessária a utilização de intensidades a partir de 30% 1RM associado a um alto VTT, para promover ganhos de massa muscular semelhante as demais intensidades, uma vez que estudos têm demonstrados a eficácia dessa intensidade nos aumentos da taxa de síntese proteica e nos ganhos de massa muscular (BURD et al., 2010; BURD et al., 2010a; MITCHELL et al., 2012; OGASAWARA et al., 2013).

Ao observar os ganhos de massa muscular do período pré e pós-treinamento, entre os diferentes segmentos corporais, nota-se um comportamento similar do tamanho efeito para membros superiores (ES: 0,6, 1,9, 1,2 e 1,5, G20, G40, G60 e G80, respectivamente) e para membros inferiores (ES: 0,6, 0,9, 1,6, 2,2, G20, G40, G60 e G80, respectivamente). Esses resultados refutam parcialmente nossa hipótese, já que esperava-se que os ganhos de massa muscular seriam maiores nos membros superiores. Parece razoável assumir que o VTT maior executado pelos membros inferiores, pode ter proporcionado estímulo suficiente para gerar aumentos similares de massa muscular aos membros superiores. Corroborando com essa afirmação, evidências anteriores mostraram que membros inferiores necessitam de maior VTT para promover aumentos significantes de massa muscular, por outro lado, membros

superiores demonstram aumentos significantes de massa muscular com VTT menores (PAULSEN, MYKLESTAD, RAASTAD, 2003; RONNESTAD et al., 2007). Numa revisão de literatura, Wernbom, Augustsson e Thomeé (2007) observaram que os músculos flexores do cotovelo apresentam ganhos 0,20% ao dia na AST, podendo chegar até 0,26%, com a utilização de VTT elevados (*i.e* > 3 séries), enquanto que para o quadríceps femoral os ganhos são de somente 0,11% ao dia, podendo chegar até 0,19% quando utilizados VTT elevados (*i.e* > 3 séries). Comportamento similar ocorreu em nossos resultados, embora foram observados valores um pouco superiores de 0,27% e 0,22% por dia para os flexores do cotovelo e vasto lateral, respectivamente, podendo ser atribuído ao VTT elevado realizado no presente estudo.

Com relação aos ganhos de força dinâmica máxima, para o exercício flexão do cotovelo na posição em pé, a intensidade alta de treinamento (80% 1RM) foi mais eficaz em aumentar a força dos indivíduos (54,1%). Já no exercício *leg press 45°* intensidades de moderada a alta (60% e 80% 1RM) promoveram os maiores ganhos de força (55,4% e 45,7%, respectivamente). Os ganhos de força entre os grupos estão de acordo com as evidências encontradas na literatura (CAMPOS et al., 2002; HOLM et al., 2008; LAMON et al., 2009; LEGER et al., 2006; MITCHELL et al., 2012; OGASAWARA et al., 2013; SCHOENFELD; PETERSON; CONTRERAS, 2015). Os estudos são consistentes em demonstrar que os ganhos de força são maiores quando utiliza-se intensidades $\geq 60\%$ 1RM em indivíduos treinados e destreinados (PETERSON; RHEA; ALVAR, 2004; RHEA et al., 2003). Parece que os ganhos mais pronunciados de força com a utilização de intensidades altas são decorrentes de maiores adaptações neurais induzidas pelo TF, aumentando a ativação muscular, a taxa de disparo das unidades motoras, a sincronização de unidades motoras e/ou alterando a taxa de co-ativação dos músculos agonistas-antagonistas (CLAMANN; SCHELHORN, 1988; CUTSEM; DUCHATEAU; HAINAUT, 1998; GABRIEL; BASFORD; AN, 1997; GABRIEL; BOUCHER, 2000; GABRIEL; KAMEN; FROST, 2006; KAMEN; KNIGHT, 2004; MILNER-BROWN; LEE, 1975; PATTEN; KAMEN; ROWLAND, 2001; RICH; CAFARELLI, 2000; SALE, 1988; SEMMLER; NORDSTROM, 1998; YUE et al., 1995).

De fato, os protocolos de TF que utilizam intensidades altas resultam em maior ativação muscular em comparação aos protocolos que utilizam intensidades baixas de TF (SCHOENFELD et al., 2014), podendo essa diferença explicar, pelo menos em parte, os ganhos mais pronunciados de força com a utilização de intensidades elevadas. Entretanto, no presente estudo, não foi possível identificar a verdadeira contribuição desses mecanismos nos ganhos de força. Podemos afirmar que existe um aumento de força dinâmica máxima com

diferentes intensidades de treinamento (20%, 40%, 60% e 80% 1RM); porém, o TF com intensidade alta e moderada (60% e 80% 1RM) é superior para desenvolver ganhos mais significantes.

Em relação aos ganhos de força nos diferentes segmentos corporais, observou-se um comportamento do tamanho do efeito similar entre membros superiores (ES: 3,0, 1,5, 1,5, 3,8, G20, G40, G60 e G80, respectivamente) e inferiores (ES: 2,2, 1,4, 2,4, 2,8, G20, G40, G60 e G80, respectivamente). Esses resultados refutam parcialmente nossa hipótese, uma vez que, esperava-se que os ganhos de força seriam maiores para os membros superiores. Parece plausível assumir que a utilização de intensidades elevadas gera estímulos suficientes para produzir ganhos mais significantes de força dinâmica máxima, independente do segmento utilizado. Evidências anteriores tem demonstrado que intensidades elevadas de treinamento são eficientes em aumentar os ganhos de força máxima independente do segmento corporal utilizado (CAMPOS et al., 2002; OGASAWARA et al., 2013; PETERSON; RHEA; ALVAR, 2004; RHEA et al., 2003).

É importante ressaltar que uma possível limitação do presente estudo deve-se ao fato de não incluir medidas neurais como ativação de unidades motoras, o que poderia fornecer informações mais detalhadas sobre os dados encontrados para os ganhos de força. Porém, os resultados encontrados em estudos anteriores suportam nossos resultados para aumentos mais pronunciados da força com intensidades mais elevadas (CAMPOS et al., 2002; MITCHELL et al., 2012; OGASAWARA et al., 2013; SCHOENFELD; PETERSON; CONTRERAS, 2015). Assim, futuras investigações sobre essa temática deveriam considerar a utilização de medidas neurais para compreender o comportamento da força ao utilizar diferentes intensidades de treinamento.

7 CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo indicam que quando o VTT é equalizado os ganhos de massa muscular são semelhantes para as intensidades de treinamento entre 40-80% 1RM. Além disso, a intensidade ao redor de 20% 1RM, mesmo com o VTT equalizado com as intensidades maiores, não promove aumentos de massa muscular para ambos os segmentos corporais. Já, para os ganhos de força dinâmica máxima, a utilização de intensidades alta e moderada (60% e 80% 1RM) produziram os maiores aumentos de força. De acordo com os nossos resultados, é plausível assumir que caso o objetivo seja o ganho de massa muscular o indivíduo pode se beneficiar treinando em uma amplitude de 40-80% 1RM no TF. Em contrapartida, se os objetivos forem os ganhos de força máxima, intensidades entre 60% e 80% 1RM são mais eficientes. Adicionalmente, os membros superiores e inferiores beneficiam-se igualmente dessas intensidades demonstradas para aumentos de massa muscular e de força.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAGAARD, P. et al. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. **Journal of applied physiology**, v. 93, n. 4, p. 1318-1326, 2002.
- ABE, T. et al. Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. **European Journal of Applied Physiology**, v. 81, n. 3, p. 174-180, 2000.
- ALEGRE, L. M. et al. Load-controlled moderate and high-intensity resistance training programs provoke similar strength gains in young women. **Muscle & nerve**, 2014.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 41, n. 3, p. 687, 2009.
- ANDERSON, T.; KEARNEY, J. T. Effects of three resistance training programs on muscular strength and absolute and relative endurance. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 53, n. 1, p. 1-7, 1982.
- BERGER, R. Effect of varied weight training programs on strength. **Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation**, v. 33, n. 2, p. 168-181, 1962.
- BROWN, L.; WEIR, J. Accurate assessment of muscular strength and power, ASEP procedures recommendation. **Journal of Exercise Physiology**, v. 4, n. 3, 2001.
- BURD, N. A. et al. Resistance exercise volume affects myofibrillar protein synthesis and anabolic signalling molecule phosphorylation in young men. **The Journal of physiology**, v. 588, n. 16, p. 3119-3130, 2010a.
- BURD, N. A. et al. Bigger weights may not beget bigger muscles: evidence from acute muscle protein synthetic responses after resistance exercise. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 37, n. 3, p. 551-554, 2012.
- BURD, N. A. et al. Low-load high volume resistance exercise stimulates muscle protein synthesis more than high-load low volume resistance exercise in young men. **PloS one**, v. 5, n. 8, p. e12033, 2010.

- CAMPOS, G. E. et al. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. **Eur J Appl Physiol**, v. 88, n. 1-2, p. 50-60, Nov 2002.
- CLAMANN, H. P.; SCHELHORN, T. B. Nonlinear force addition of newly recruited motor units in the cat hindlimb. **Muscle & nerve**, v. 11, n. 10, p. 1079-1089, 1988.
- CUTSEM, M.; DUCHATEAU, J.; HAINAUT, K. Changes in single motor unit behaviour contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. **The Journal of physiology**, v. 513, n. 1, p. 295-305, 1998.
- DELORME, T. L. Restoration of muscle power by heavy-resistance exercises. **J Bone Joint Surg**, v. 27, n. 4, p. 645-67, 1945.
- FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. Resistance Training: Basic Principles (Part 1 of 4). **Physician and sportsmedicine**, v. 16, n. 3, 1988.
- FRY, A. C. The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. **Sports medicine**, v. 34, n. 10, p. 663-679, 2004.
- GABRIEL, D. A.; BASFORD, J. R.; AN, K.-N. Reversal of antagonists: Effect on elbow extension strength and endurance. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 78, n. 11, p. 1191-1195, 1997.
- GABRIEL, D. A.; BOUCHER, J. P. Practicing a maximal performance task: a cooperative strategy for muscle activity. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 71, n. 3, p. 217-228, 2000.
- GABRIEL, D. A.; KAMEN, G.; FROST, G. Neural adaptations to resistive exercise. **Sports Medicine**, v. 36, n. 2, p. 133-149, 2006.
- GOTO, K. et al. The impact of metabolic stress on hormonal responses and muscular adaptations. **Med Sci Sports Exerc**, v. 37, n. 6, p. 955-63, 2005.
- HOLM, L. et al. Changes in muscle size and MHC composition in response to resistance exercise with heavy and light loading intensity. **J Appl Physiol (1985)**, v. 105, n. 5, p. 1454-61, Nov 2008.

- HUMBURG, H. et al. 1-Set Vs. 3-Set Resistance Training: Acrossover Study. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 21, n. 2, p. 578-582, 2007.
- JANSSEN, I. et al. Skeletal muscle cutpoints associated with elevated physical disability risk in older men and women. **American journal of epidemiology**, v. 159, n. 4, p. 413-421, 2004.
- KAMEN, G.; KNIGHT, C. A. Training-related adaptations in motor unit discharge rate in young and older adults. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 59, n. 12, p. 1334-1338, 2004.
- KRAEMER, W. J. et al. Influence of resistance training volume and periodization on physiological and performance adaptations in collegiate women tennis players. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 5, p. 626-633, 2000.
- 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.
- KUMAR, V. et al. Age-related differences in the dose-response relationship of muscle protein synthesis to resistance exercise in young and old men. **The Journal of physiology**, v. 587, n. 1, p. 211-217, 2009.
- LAMON, S. et al. Regulation of STARS and its downstream targets suggest a novel pathway involved in human skeletal muscle hypertrophy and atrophy. **J Physiol**, v. 587, n. Pt 8, p. 1795-803, Apr 15 2009.
- LEGER, B. et al. Akt signalling through GSK-3beta, mTOR and Foxo1 is involved in human skeletal muscle hypertrophy and atrophy. **J Physiol**, v. 576, n. Pt 3, p. 923-33, Nov 1 2006.
- LOS ARCOS, A. et al. Short-term training effects of vertically and horizontally oriented exercises on neuromuscular performance in professional soccer players. **International journal of sports physiology and performance**, v. 9, n. 3, p. 480-488, 2014.
- MARKOVIC, G. et al. Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 21, n. 2, p. 543-549, 2007.
- MARSHALL, P. W.; MCEWEN, M.; ROBBINS, D. W. Strength and neuromuscular adaptation following one, four, and eight sets of high intensity resistance exercise in trained males. **Eur J Appl Physiol**, v. 111, n. 12, p. 3007-16, Dec 2011.

- MCLESTER, J. R.; BISHOP, E.; GUILLIAMS, M. Comparison of 1 day and 3 days per week of equal-volume resistance training in experienced subjects. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 14, n. 3, p. 273-281, 2000.
- MILNER-BROWN, H.; LEE, R. Synchronization of human motor units: possible roles of exercise and supraspinal reflexes. **Electroencephalography and clinical neurophysiology**, v. 38, n. 3, p. 245-254, 1975.
- MITCHELL, C. J. et al. Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. **J Appl Physiol (1985)**, v. 113, n. 1, p. 71-7, Jul 2012.
- MOSS, B. et al. Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 75, n. 3, p. 193-199, 1997.
- NARICI, M. et al. Human quadriceps cross-sectional area, torque and neural activation during 6 months strength training. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 157, n. 2, p. 175-186, 1996.
- NARICI, M. V.; KAYSER, B. Hypertrophic response of human skeletal muscle to strength training in hypoxia and normoxia. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 70, n. 3, p. 213-219, 1995.
- OGASAWARA, R. et al. Low-Load Bench Press Training to Fatigue Results in Muscle Hypertrophy Similar to High-Load Bench Press Training. **International Journal of Clinical Medicine**, v. 4, n. 2, 2013.
- OSTROWSKI, K. J. et al. The effect of weight training volume on hormonal output and muscular size and function. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 11, n. 3, p. 148-154, 1997.
- OTTO, R. M.; CARPINELLI, R. N. A critical analysis of the single versus multiple set debate. **JEPonline**, v. 9, n. 1, p. 32-57, 2006.
- PAREJA-BLANCO, F. et al. Effect of Movement Velocity during Resistance Training on Neuromuscular Performance. **International Journal of Sports Medicine**, n. EFirst, 2014.

- PATTEN, C.; KAMEN, G.; ROWLAND, D. M. Adaptations in maximal motor unit discharge rate to strength training in young and older adults. **Muscle & nerve**, v. 24, n. 4, p. 542-550, 2001.
- PAULSEN, G.; MYKLESTAD, D.; RAASTAD, T. The influence of volume of exercise on early adaptations to strength training. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 17, n. 1, p. 115-120, 2003.
- PETERSON, M. D. et al. Progression of volume load and muscular adaptation during resistance exercise. **European journal of applied physiology**, v. 111, n. 6, p. 1063-1071, 2011.
- PETERSON, M. D.; RHEA, M. R.; ALVAR, B. A. Maximizing strength development in athletes: a meta-analysis to determine the dose-response relationship. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 18, n. 2, p. 377-382, 2004.
- RADAELLI, R. et al. Dose-Response of 1, 3, and 5 Sets of Resistance Exercise on Strength, Local Muscular Endurance, and Hypertrophy. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 5, p. 1349-1358, 2015.
- RHEA, M. R. et al. 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.
- RICH, C.; CAFARELLI, E. Submaximal motor unit firing rates after 8 wk of isometric resistance training. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 32, n. 1, p. 190-196, 2000.
- RONNESTAD, B. R. et al. Dissimilar effects of one- and three-set strength training on strength and muscle mass gains in upper and lower body in untrained subjects. **J Strength Cond Res**, v. 21, n. 1, p. 157-63, Feb 2007.
- SALE, D. G. Neural adaptation to resistance training. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 20, n. 5 Suppl, p. S135-45, 1988.
- SCHOENFELD, B. J. et al. Muscle activation during low-versus high-load resistance training in well-trained men. **European journal of applied physiology**, v. 114, n. 12, p. 2491-2497, 2014.

- SCHOENFELD, B. J.; PETERSON, M. D.; CONTRERAS, B. Effects of Low-Versus High-Load Resistance Training on Muscle Strength and Hypertrophy in Well-Trained Men. **Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association**, 2015.
- SCHUENKE, M. D. et al. Early-phase muscular adaptations in response to slow-speed versus traditional resistance-training regimens. **European journal of applied physiology**, v. 112, n. 10, p. 3585-3595, 2012.
- SEMMLER, J.; NORDSTROM, M. Motor unit discharge and force tremor in skill-and strength-trained individuals. **Experimental Brain Research**, v. 119, n. 1, p. 27-38, 1998.
- SOONESTE, H. et al. Effects of training volume on strength and hypertrophy in young men. **J Strength Cond Res**, v. 27, n. 1, p. 8-13, Jan 2013.
- TANIMOTO, M.; ISHII, N. Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men. **J Appl Physiol (1985)**, v. 100, n. 4, p. 1150-7, Apr 2006.
- 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.
- YUE, G. et al. Limitations of the surface electromyography technique for estimating motor unit synchronization. **Biological cybernetics**, v. 73, n. 3, p. 223-233, 1995.

ANEXO

ESCOLA DE EDUCAÇÃO
FÍSICA E ESPORTE DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efeito de diferentes intensidades do treinamento de força nos ganhos de força máxima e hipertrofia muscular

Pesquisador: Valmor Alberto Augusto Tricoli

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 45527415.5.0000.5391

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.211.677

Apresentação do Projeto:

Trata-se de estudo logitudinal prospectivo com a participação de 30 indivíduos do sexo masculino com idade entre 18 e 30 anos. O estudo envolve o treinamento de força que se trata de uma das estratégias mais eficazes para o aumento de força e massa muscular. No projeto, os proponentes pretendem investigar o efeito de diferentes intensidades de treino (% da força máxima dinâmica-RM) sobre o ganho de força e massa musculares. Será mantido o mesmo volume total de treino para todos os indivíduos alocados em diferentes grupos de acordo com a intensidade de treino.

Objetivo da Pesquisa:

Avaliar o efeito de diferentes intensidades (20%, 40%, 60% e 80% 1RM) de treinamento de força, realizadas com volume total de treino equalizado nos ganhos de força dinâmica máxima (1RM) e nos ganhos de massa muscular dos membros inferiores e superiores em indivíduos fisicamente ativos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos do estudo são mínimos, uma vez que não haverá nenhum procedimento invasivo. Todas as sessões de treino serão monitoradas por professor e aluno de mestrado com experiência na prescrição de treinamento de força. Os testes empregados (teste de força dinâmica máxima e ressonância magnética) apresentam riscos mínimos. Como benefícios, os indivíduos ganharão força

Endereço: Av. Profº Mello Moraes, 65

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-030

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-3097

Fax: (11)3812-4141

E-mail: cep39@usp.br

**ESCOLA DE EDUCAÇÃO
FÍSICA E ESPORTE DA
UNIVERSIDADE DE SÃO**

Continuação do Parecer: 1.211.677

e massa muscular nos membros superiores e inferiores.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa aplicada que trata de tema muito importante na prática do treinamento de força. Trará embasamento científico quanto a prescrição do treinamento de força levando em consideração diferentes intensidades de treino associadas a um volume total de treino equalizado.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Termo de esclarecimento adequado. Corrigir erros ortográficos.

Recomendações:

Reler o termo de consentimento. Sugere-se que antes de usar a abreviação teste de 70 % de 1RM na justificativa, que seja usado o termo completo (teste de força dinâmica máxima)

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto está apto a aprovação pelo comitê de ética, pois segue os preceitos éticos para a condução de projetos desta natureza.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE-Mestrado.doc	20/04/2015 14:54:52		Aceito
Outros	Aprovação departamento.pdf	20/04/2015 14:57:00		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Qualificação final.docx	18/05/2015 11:01:16		Aceito
Folha de Rosto	Folha de rosto comite de ética.pdf	18/05/2015 11:03:44		Aceito
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_502056.pdf	18/05/2015 11:11:00		Aceito
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_502056.pdf	27/05/2015 07:35:56		Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Endereço: Av. Profº Mello Moraes, 65
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 05.508-030
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3091-3097 **Fax:** (11)3812-4141 **E-mail:** cep39@usp.br

ESCOLA DE EDUCAÇÃO
FÍSICA E ESPORTE DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

Continuação do Parecer: 1.211.677

Não

SAO PAULO, 02 de Setembro de 2015

Assinado por:
Edilamar Menezes de Oliveira
(Coordenador)

Endereço: Av. Profº Mello Moraes, 65
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 05.508-030
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3091-3097 **Fax:** (11)3812-4141 **E-mail:** cep39@usp.br