

GEDERSON KARDEC GOMES

**TREINAMENTO DE FORÇA DE ALTA FREQUÊNCIA NÃO É MAIS EFICAZ DO
QUE O TREINAMENTO DE FORÇA DE BAIXA FREQUÊNCIA PARA
AUMENTAR A MASSA MUSCULAR E FORÇA EM HOMENS BEM TREINADOS**

UBERABA

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

Gederson Kardec Gomes

**TREINAMENTO DE FORÇA DE ALTA FREQUÊNCIA NÃO É MAIS EFICAZ DO
QUE O TREINAMENTO DE FORÇA DE BAIXA FREQUÊNCIA PARA
AUMENTAR A MASSA MUSCULAR E FORÇA EM HOMENS BEM TREINADOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física, área de concentração “Esporte e Exercício” (Linha de pesquisa 5: Exercício Físico, ajuste e adaptações neuromusculares, cardiorrespiratórias e endócrino-metabólicas), da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre.

Orientador: Dr. Fábio Lera Orsatti

UBERABA

2017

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do
Triângulo Mineiro**

G614t Gomes, Gederson Kardec
Treinamento de força de alta frequência não é mais eficaz do que o
treinamento de força de baixa frequência para aumentar a massa muscular
e força em homens bem treinados / Gederson Kardec Gomes. -- 2017.
63 f. : il., fig., tab.

Dissertação (Mestrado em Educação Física) -- Universidade Federal do
Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2017

Orientador: Prof. Dr. Fábio Lera Orsatti

1. Levantamento de peso. 2. Treinamento de resistência. 3. Hipertrofia.
4. Volume. I. Orsatti, Fábio Lera. II. Universidade Federal do Triângulo
Mineiro. III. Título.

CDU 796.8

Gederson Kardec Gomes

**TREINAMENTO DE FORÇA DE ALTA FREQUÊNCIA NÃO É MAIS EFICAZ DO
QUE O TREINAMENTO DE FORÇA DE BAIXA FREQUÊNCIA PARA
AUMENTAR A MASSA MUSCULAR E FORÇA EM HOMENS BEM TREINADOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física, área de concentração “Esporte e Exercício” (Linha de pesquisa 5: Exercício Físico, ajuste e adaptações neuromusculares, cardiorrespiratórias e endócrino-metabólicas), da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre.

Aprovada em 10 de outubro de 2017

Banca Examinadora:

Dr. Fábio Lera Orsatti - orientador
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Dr. Cleiton Augusto Libardi
Universidade Federal de São Carlos

Dr. Markus Vinicius Campos Souza
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ter me honrado e me capacitado para chegar até aqui. À minha querida avó, Ana Rosa, que sempre me mostrou que o melhor caminho seria a busca do conhecimento por meio dos estudos. Aos meus pais, Elizabeth Ramos Gomes (*in memoriam*) e Alancardec Gomes (*in memoriam*), que, além de me presentear com a vida, souberam de forma simples me mostrar o verdadeiro significado e importância de ser uma pessoa humilde. À minha amada esposa Lilian Roberta, pela imensa compreensão quanto à minha ausência em alguns momentos, pelos conselhos, companheirismo e amor que sempre foi e será dedicado. À minha irmã Geisa Lúcia que, mesmo distante, estava sempre na torcida para que tudo desse certo em minha jornada.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Fábio Lera Orsatti, que cumpriu com integridade a sua função e conduziu as atividades inerentes a ela como um verdadeiro pai, pois, um pai é aquele que passa mais tempo dedicando ensinamentos a um filho do que aproveitando o que ele faz. Entendo que muitas vezes deixou de estar com a própria família para realizar o que lhe foi designado e ama fazer, “o ensinar”. Por isso, meu sentimento é de gratidão, e digo que me sinto honrado por ter estado ao lado de uma pessoa assim. Agradeço a Deus por tê-lo escolhido para estarmos juntos nessa caminhada.

Aos integrantes do BioEx que, com certeza, fizeram parte desse processo: Paulo Ricardo Prado Nunes, Cristiane Maria de Castro Franco, Fernanda Maria Martins, Aletéia de Paula Souza, Anselmo Oliveira Alves, Marcelo Augusto da Silva Carneiro, Jairo de Freitas Rodrigues, Gersiel Nascimento de Oliveira. Muito obrigado pelos momentos de aprendizado e de descontração!

Ao Roberto Furlanetto Junior, que me apresentou essa equipe maravilhosa.

Aos voluntários envolvidos na pesquisa e aqueles que deram suporte durante todo o estudo, em especial ao Jefferson Fernandes, que conduziu a coleta de dados de forma eficiente e profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo, e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo suporte financeiro ao projeto.

Agradeço ao João Vitor Borges Mercaldi, que custeou parte da suplementação (*whey protein*) utilizada durante o estudo.

Às funcionárias do Programa de Pós-graduação em Educação Física da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Angélica Fatureto e Ana Lúcia de Figueiredo, obrigado pela atenção e eficiência.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram de forma direta e indireta para minha formação.

“Cada dia é o dia do julgamento, e nós, com nossos atos e nossas palavras, com nosso silêncio e nossa voz, vamos escrevendo continuamente o livro da vida. A luz veio ao mundo e cada um de nós deve decidir se quer caminhar na luz do altruísmo construtivo ou nas trevas do egoísmo. Portanto, a mais urgente pergunta a ser feita nesta vida é: O que fiz hoje pelos outros?”

Martin Luther King

RESUMO

O treinamento de força (TF) resulta em hipertrofia muscular (determinada pelo acúmulo de proteínas de cada sobreposição da taxa de síntese de proteína que excede a taxa de degradação após uma sessão de TF) e aumento da força muscular máxima (relacionada aos ajustes neurais e à hipertrofia muscular). À medida que o TF prossegue, os ganhos de força e massa musculares passam a se estagnar. A manipulação da frequência (número de dias que um grupamento é treinado na semana) de TF tem sido sugerida como estratégia importante para romper essa estagnação, promovendo aumento de força e hipertrofia musculares em homens bem treinados. Portanto, o objetivo do estudo foi investigar se o TF realizado em alta frequência é superior ao TF de baixa frequência nas adaptações do músculo esquelético (aumento de força e massa musculares). Participaram do estudo 23 sujeitos (idade $26,2 \pm 4,2$, experiência com TF $6,9 \pm 3,1$), distribuídos aleatoriamente em dois grupos: TF de baixa frequência (TFBF, $n = 12$) e TF de alta frequência (TFAF, $n = 11$). O grupo TFBF treinou cada grupamento muscular uma vez na semana em uma rotina *split body*, enquanto o TFAF treinou cada grupamento muscular cinco vezes na semana em uma rotina *total body*. Ambos os grupos realizaram o mesmo número de séries (5-10 séries) e exercícios (1-2 exercícios por grupo muscular) por semana, em que a intensidade utilizada para eles foi de 70 a 80% de uma repetição máxima (1RM) com 8 a 12 repetições, cinco vezes por semana. A força muscular (1RM no supino reto e agachamento livre) e a hipertrofia muscular total e regional (absorciometria de raios-X de dupla energia) foram avaliadas antes e ao final do estudo. Os resultados mostraram que houve aumentos na força (TFBF e TFAF: supino reto 5,6 kg e 9,7 kg e agachamento livre 8,0 kg e 12,0 kg, respectivamente) e massa musculares ($p = 0,007$) (TFBF e TFAF: 0,5 kg e 0,8 kg, respectivamente) em ambos os grupos ($P < 0,001$), sem diferença entre eles (supino reto, $P = 0,168$; agachamento livre, $P = 0,312$ e hipertrofia muscular, $P = 0,619$). O presente estudo sugere que o treinamento de força de alta frequência não é mais eficaz do que o de baixa frequência para aumentar massa e força musculares em homens bem treinados.

Palavras-chave: Volume. Hipertrofia. Levantamento de peso. Treinamento resistido.

ABSTRACT

Strength training (TF) results in muscle hypertrophy (determined by the accumulation of proteins from each overlap of protein synthesis rate that exceeds the rate of degradation after a TF session) and increased maximal muscle strength (related to neural adjustments and muscle hypertrophy). As the TF proceeds, muscle strength and mass gains stagnate. The frequency manipulation (number of days that a group is trained in the week) of TF has been suggested as an important strategy to break this stagnation by promoting increased muscle strength and hypertrophy in well-trained individuals. Therefore, the objective of the study was to investigate whether high frequency TF is superior to low frequency TF in skeletal muscle adaptations (increase of muscle strength and mass). Twenty-three subjects (age 26.2 ± 4.2 , experience with TF 6.9 ± 3.1) were randomly assigned to two groups: low frequency TF (TFBF, $n = 12$) and high frequency TF (TFAF, $n = 11$). The TFBF group trained each muscle group once a week in a split body routine, while the TFAF group trained each muscle group five times a week in a total body routine. Both groups performed the same number of sets (5-10 sets) and exercises (1-2 exercises per muscle group) per week, in which the intensity used for them was 70-80% of a maximal repetition (1RM) with 8 to 12 repetitions, five times a week. Muscle strength (1RM in bench press and barbell back squat), total and regional muscle hypertrophy (dual energy X-ray absorptiometry) were assessed before and at the end of the study. The results showed that there were increases in strength (TFBF and TFAF: bench press 5.6 kg and 9.7 kg and barbell back squat 8.0 kg and 12.0 kg, respectively) and muscle mass ($p = 0.007$) (TFBF e TFAF: 0.5 kg e 0.8 kg, respectively) in both groups ($P < 0.001$), without difference between them (bench press, $P = 0.168$; barbell back squat, $P = 0.312$ and muscle hypertrophy, $P = 0.619$). The present study suggests that high frequency strength training is no more effective than low frequency strength training to increase muscle mass and strength in well-trained men.

Keywords: Volume. Hypertrophy. Weightlifting. Resistance training.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxograma da seleção da amostra	20
Figura 2 – Varredura do DXA mostrando as demarcações regionais do corpo geradas pelo <i>software</i> enCORE 14.0.....	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Protocolo de treinamento	26
Tabela 2 – Características iniciais na pré-intervenção	28
Tabela 3 – Ingestão alimentar pré e pós-intervenção	29
Tabela 4 – Volume de carga semanal por grupo muscular e total (kg)	30
Tabela 5 – Comparação das mudanças de massa e força musculares após intervenção	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 TREINAMENTO DE FORÇA.....	11
1.2 VARIÁVEIS DO TREINAMENTO DE FORÇA E ADAPTAÇÕES MUSCULARES...	13
1.3 FREQUÊNCIA DO TREINAMENTO DE FORÇA	15
1.4 OBJETIVOS	18
1.4.1 Objetivo geral	18
1.4.2 Objetivos específicos	18
2 MÉTODOS	19
2.1 PARTICIPANTES	19
2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	19
2.3 AVALIAÇÕES.....	21
2.3.1 Avaliações da composição corporal	21
2.3.2 Avaliação da força máxima	22
2.3.3 Avaliação nutricional	24
2.4 PROTOCOLO DE TREINAMENTO DE FORÇA	24
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	27
3 RESULTADOS	28
4 DISCUSSÃO	32
5 CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS	36
ANEXO – ARTIGO EM INGLÊS	41

1 INTRODUÇÃO

1.1 TREINAMENTO DE FORÇA

Os exercícios com pesos são conhecidos como treinamento resistido, treinamento de força (TF) ou musculação. Essas terminologias são utilizadas para caracterizar um modelo de exercício que exige que a musculatura esquelética realize movimentos contra uma resistência (contração muscular) geralmente exercida por algum tipo de equipamento ou peso livre. Há décadas, o TF tem sido praticado com o objetivo de alcançar determinados benefícios, dentre eles o aumento de força e massa musculares (FLECK, S. J.; KRAEMER, 1988). Vale ressaltar que o TF é consequência da **ação muscular concêntrica** em que há o encurtamento do músculo e o termo contração é utilizado para esse tipo de ação (FLECK, S. J.; KRAEMER, 2017). Por sua vez, a **ação muscular excêntrica** acontece quando o torque muscular é menor do que o torque da resistência (carga), ocorrendo assim o alongamento dos músculos envolvidos (ENOKA, 1996). Além disso, há a **ação muscular isométrica**, caracterizada pela contração muscular produzindo força, sem qualquer alteração no ângulo articular – à ação muscular da fase concêntrica e excêntrica realizada seguidamente dá-se o nome de **repetição** (FLECK, S. J.; KRAEMER, 2017).

A realização de um grupo de repetições de forma contínua (i.e. sem pausas) é denominada como **série**, a qual pode ser constituída de qualquer número de repetições. Quando as séries são múltiplas (≥ 2 séries), um **período de recuperação entre elas** (o tempo entre o fim de uma série e o início de outra) é imprescindível para o melhor desempenho das séries subsequentes. O número máximo de repetições por série é conhecido como **repetições máximas** (RMs). A carga máxima que pode ser realizada em uma repetição completa (concêntrica e excêntrica) é nomeada como **uma repetição máxima** (1RM) (FLECK, S.; SIMÃO, 2008; FLECK, S. J.; KRAEMER, 2014; FLECK, S. J.; KRAEMER, 2017; KRAEMER; FLECK, 1999; KRAEMER; RATAMESS, 2004; TAN, 1999).

Existem elementos primários para a elaboração de um programa de TF, que envolvem alternativas de variáveis estruturais de um programa de treinamento. Elas também são conhecidas como variáveis do treinamento, dentre as quais podemos citar: ação muscular (excêntrica, concêntrica ou isométrica), escolha dos exercícios (monoarticulares, multiarticulares, equipamentos, pesos livres etc.), ordem dos exercícios (complexos e simples), duração dos períodos de recuperação (pausa entre séries e exercícios), velocidade de execução (tempo para completar cada fase de uma repetição), intensidade do treinamento (%).

de carga máxima dinâmica), volume do treinamento (trabalho total realizado) e frequência do treinamento (quantidade de estímulos aplicados para cada grupamento muscular em uma semana ou um dia) (CHAGAS et al., 2004; FLECK, S. J.; KRAEMER, 2017; POLIQUIN, 1997).

Durante o TF, os estímulos aplicados determinam a carga de trabalho. Nesses termos, o resultado da relação entre a quantidade de trabalho (volume) e a intensidade do treinamento é denominado como carga do treinamento (MANSO; VALDIVIELSO; CABALLERO, 1996). O princípio da sobrecarga ou elevação progressiva da carga de treinamento é um estímulo capaz de promover adaptações ao organismo (ZAKHAROV, 2003). Durante uma sessão de TF é gerado um estresse muscular que afasta o organismo de seu equilíbrio dinâmico (homeostase). Logo após o término de uma sessão de TF, o organismo busca restabelecer a homeostase em um fenômeno chamado de supercompensação (BOMPA; DE OLIVEIRA; FRANCISCON, 2002).

De fato, a efetividade de um programa de TF em promover adaptações ao organismo depende da aplicação de uma sobrecarga progressiva, a qual se dá através das manipulações das variáveis do treinamento. Dessas variáveis, a intensidade, o volume e a frequência do treinamento têm sido alvo de investigações, buscando determinar uma dose-resposta capaz de modular a hipertrofia muscular (HM) e o aumento da força muscular em um programa de TF (DANKEL, SCOTT J et al., 2016; KRIEGER, 2010; MCLESTER; BISHOP; GUILLIAMS, 2000; OTTO; CARPINELLI, 2006; SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2016a;2016b; SCHOENFELD; PETERSON; et al., 2015; SCHOENFELD et al., 2014; SOONESTE et al., 2013). Em um programa de treinamento, o aumento de força se refere a dois fatores distintos: os ajustes neurais e a HM (ENOKA, 1997; KRAEMER; FLECK, 1999). O ganho de força nas primeiras semanas (uma a dez semanas) está predominantemente correlacionado com os ajustes neurais, em se tratando das alterações que ocorre no sistema nervoso. Após esse período (> 10 semanas) os fatores hipertróficos passam a ter maior contribuição nos ganhos da força do que os fatores neurais (FLECK, S. J.; KRAEMER, 2017; MORITANI, 1979).

Nesses termos, HM em resposta ao TF é atribuído ao aumento no tamanho das fibras musculares, refletindo assim, no aumento da área de secção transversa (AST) do músculo. O aumento na AST das fibras musculares se deve à elevação qualitativa e quantitativa das proteínas contráteis (actina e miosina) dentro das fibras musculares (GOLDSPINK; HARRIDGE, 1992; TOIGO; BOUTELLIER, 2006).

Esse aumento na quantidade de proteína muscular depende da sobreposição da síntese de proteína muscular (SPM) em relação ao processo de degradação de proteínas musculares.

Em estado alimentado, a SPM em indivíduos bem treinados permanece temporariamente elevada até 36 horas após uma sessão de TF, enquanto em indivíduos destreinados a SPM permanece elevada até 48 horas após uma sessão de TF (DAMAS et al., 2015). Esse aumento da SPM após uma única sessão de TF excede a degradação de proteína muscular e tornando o balanço proteico positivo. Assim, a magnitude do ganho de massa muscular ao longo de um programa de TF é dependente do acúmulo de proteína de cada sobreposição SPM, no que tange à degradação de proteína muscular (BASSEL-DUBY; OLSON, 2006; DAMAS et al., 2015; DAMAS et al., 2016).

1.2 VARIÁVEIS DO TREINAMENTO DE FORÇA E ADAPTAÇÕES MUSCULARES

Conforme o prosseguimento do programa de treinamento, os aumentos de força e massa musculares se estagnam (FLECK, S. J.; KRAEMER, 2017). Desse modo, os aumentos iniciais de força e massa musculares são maiores em comparação aos ganhos adquiridos após um longo período de treinamento. Contudo, a manipulação apropriada e progressiva (aumento gradual da sobrecarga do treinamento) das variáveis do TF tem sido sugerida como uma estratégia importante para que os indivíduos, em uma condição de estagnação, consigam otimizar os ganhos de força e massa musculares (KRAEMER et al., 2003; KRAEMER; RATAMESS, 2004; RHEA et al., 2003). A manipulação apropriada de algumas variáveis do TF que afetam a carga de treino podem atuar determinantemente as adaptações na força e massa musculares, dentre essas, a intensidade o volume tem sido investigado atualmente com o objetivo de encontrar uma dose resposta para potencializar essas adaptações musculares (ALEGRE et al., 2015; FRY, 2004; PETERSON et al., 2011; PETERSON; RHEA; ALVAR, 2004; RADAELLI et al., 2015). Nesse sentido tem sido sugerido um alto volume de séries por grupamento muscular (i.e ≥ 10 séries) para aumento da força e massa musculares em indivíduos bem treinados (RALSTON et al., 2017; SCHOENFELD, BRAD J; OGBORN, DAN; KRIEGER, JAMES W, 2017). Desta forma é necessário salientar que a quantidade de séries, a intensidade e também a frequência do treinamento de força determina diretamente o volume total de treinamento de força (VTT), sendo que o VTT é produto do número de repetições totais pela carga levantada em quilograma (kg) (i.e número de séries x quantidade de repetições x carga levantada), enquanto a intensidade é determinada pela carga relativa levantada (% de 1RM) ou por zona de treinamento denominada por RMs (MEDICINE, 2009).

Para homens treinados obterem ganhos de força muscular, recomendam-se intensidades entre 70 a 100% de 1RM ou 1 a 12 RMs com séries múltiplas (3-6 séries por

grupamento muscular), Já para HM, usualmente utilizam-se intensidades entre 70 a 85% de 1RM ou 6 a 12 RMs com séries múltiplas (3-6 séries por grupamento muscular) (RATAMESS et al., 2009). Entretanto ao utilizar baixas intensidades no TF, alguns estudos têm evidenciados que a utilização de volumes mais elevados em associação com intensidades baixas de TF responde de forma similar nos aumentos tanto da síntese de proteína miofibrilares quanto aos ganhos de massa muscular, comparado com intensidades elevadas (30% vs 90% 1RM) (BURD et al., 2010; MITCHELL et al., 2012; OGASAWARA et al., 2013; TANIMOTO; ISHII, 2006).

Atletas fisiculturistas de elite, durante a fase de hipertrofia muscular (conhecida como *off-season*), utilizam intensidades entre 6 e 12 RMs e 16 e 20 séries por grupamento muscular (HACKETT, D. A.; JOHNSON, N. A.; CHOW, C.-M., 2013). Em alguns momentos do período de treinamento, os atletas usam intensidades mais elevadas, de 1 a 5 RMs (HACKETT, DANIEL A et al., 2013).

A dose-resposta ideal (i.e número de séries por grupamento muscular) para o aumento da força e HM tem sido pesquisada por décadas. O estudo pioneiro de Berger (1962) investigou o efeito de nove intensidades diferentes no exercício supino reto sobre os ganhos de força muscular (BERGER, 1962). O treinamento consistiu em três sessões por semana durante 12 semanas, envolvendo uma, duas e três séries e duas, seis e dez repetições por série. Os resultados mostraram que três séries e seis repetições por série foram melhores para o aumento da força (~34,1%).

Mais recentemente, outro estudo investigou o efeito do volume de treinamento em homens treinados (um a quatro anos de experiência em TF) (OSTROWSKI et al., 1997), divididos em três grupos: três, seis e 12 séries. Nas quatro primeiras semanas, os grupos realizaram 12 RMs; a partir da quinta até a sétima semana, sete RMs; e nas últimas três semanas, nove RMs. Foram feitas quatro sessões por semana, e a intensidade utilizada foi de 60% a 80% de 1RM. O grupo que realizou três séries obteve ganhos de força no agachamento e aumento da AST do quadríceps (~7% e ~7,5% respectivamente); o grupo de seis séries obteve aumento de força de ~5,5% e da AST de ~5%; e enquanto o grupo de 12 séries teve aumento de força ~11,5% e da AST de ~13%.

Uma revisão sistemática e meta-análise (SCHOENFELD; OGBORN; et al., 2016a) buscou elucidar, por meio da literatura, os efeitos do volume de TF para os ganhos de massa muscular. Os autores analisaram 34 grupos em 15 estudos (1996 a 2015). Foram analisados os efeitos da dose-resposta quando estratificaram os grupos em volume semanal baixo (≤ 4 séries.semana⁻¹), médio ($\leq 5-9$ séries.semana⁻¹) e alto (≥ 10 séries.semana⁻¹). Após isso,

foram observados aumentos graduais na hipertrofia muscular (5,4%, 6,5% e 9,6%, respectivamente).

Com a finalidade de elucidar o volume semanal ideal para ganhos de força (i.e., número de séries semanais), foi publicada uma meta-análise recente (RALSTON et al., 2017). Os autores analisaram os resultados de 61 grupos em nove estudos, em que se aplicou uma meta-regressão dividindo os grupos em volume semanal baixo (≤ 5 séries.semana⁻¹), médio (5-9 séries.semana⁻¹) e alto (≥ 10 séries.semana⁻¹). Constata-se uma relação dose-resposta graduada entre números de séries semanais e força muscular, sugerindo o uso de um volume médio para indivíduos iniciantes, ao passo que, para sujeitos bem treinados, a utilização de um volume médio ou alto pode ser apropriada.

Diante disso, tais investigações sugerem que pessoas bem treinadas realizem pelo menos dez séries por grupamento muscular no decorrer da semana, para maximizar os ganhos de força e massa musculares.

1.3 FREQUÊNCIA DO TREINAMENTO DE FORÇA

A frequência do TF é definida pela quantidade de estímulos (sessões) aplicada em um determinado grupamento muscular durante uma semana (FLECK, S. J.; KRAEMER, 2017). Nesse caso, a manipulação da frequência de treinamento (número de vezes que um grupo muscular é treinado durante uma semana) é proposta como estímulo efetivo para aumentar massa e força musculares em indivíduos bem treinados (DANKEL, S. J. et al., 2016; SCHOENFELD; RATAMESS; et al., 2015).

O Colégio Americano de Medicina Esportiva recomenda que, para promover o aumento na massa muscular, os indivíduos não treinados devem realizar uma frequência de TF de 2-3 vezes por semana, sendo 1-3 séries por grupo muscular em uma rotina para o corpo todo. Para sujeitos treinados, indica-se uma frequência de TF de 4-6 vezes por semana, sendo 3-6 séries por exercício em uma rotina dividida por partes corporais (1 a 3 grupos musculares treinados por sessão) (RATAMESS et al., 2009). Em contrapartida, fisiculturista competitivos treinam com uma frequência menor (i.e treinam cada grupo muscular uma vez por semana) (HACKETT, DANIEL A et al., 2013).

Embora a frequência de TF seja maior em uma rotina dividida por partes corporais do que a rotina para o corpo todo, o número de vezes que um grupo muscular específico é treinado durante um determinado período é menor, e o volume de treinamento (nº de séries) diário é maior em uma rotina dividida do que para o corpo todo. Isso permite que o indivíduo

treine com maior número de séries diárias (~ 16 séries por grupo muscular (HACKETT, DANIEL A et al., 2013)), ao mesmo tempo em que proporciona uma recuperação maior (ou seja, 3 a 7 dias) de todos os grupos musculares envolvidos entre as sessões (KERKSICK et al., 2009; RATAMESS et al., 2009). Um número de séries elevado (séries múltiplas, ≥ 3 séries por dia e carga $\geq 70\%$ de 1RM) por grupo muscular pode implicar em maior SPM após o exercício (BURD et al., 2010) e, conseqüentemente, maior hipertrofia muscular após TF (KRIEGER, 2010; RATAMESS et al., 2009; SCHOENFELD; OGBORN; et al., 2016a).

Acredita-se que o estresse metabólico intramuscular promovido pelo alto volume de treinamento diário (séries múltiplas por dia) pode aumentar a resposta hipertrófica (GOTO et al., 2005; GOTSHALK et al., 1997; SCHOENFELD, 2010). Assim, a rotina dividida em grupo muscular tem sido uma abordagem amplamente aceita entre os culturistas competitivos (HACKETT, DANIEL A et al., 2013).

Recentemente, no entanto, mais atenção vem sendo dada aos efeitos do TF de alta frequência (TFAF) como estímulo de sobrecarga (DANKEL, SCOTT J et al., 2016; SCHOENFELD; RATAMESS; et al., 2015; THOMAS, MICHAEL H; BURNS, STEVE P, 2016). O efeito hipotético da TFAF sobre a hipertrofia muscular considera que mais dias de TF (ou seja, mais estímulos) por semana resultaria em um saldo líquido maior (sobreposição da síntese ao catabolismo proteico muscular) de proteína positiva na semana do que o treinamento de resistência de baixa frequência (TFBF) (DANKEL, SCOTT J et al., 2016).

Como exemplo disso, alguns estudos sugerem que um baixo número de séries diárias (ou seja, ≤ 3 séries) por grupo muscular é suficiente para alcançar uma resposta anabólica muscular máxima (BARCELOS et al., 2015; DANKEL, SCOTT J et al., 2016; KUMAR et al., 2012; KUMAR et al., 2009; OSTROWSKI et al., 1997). Além disso, como um número de séries diário baixo permite uma recuperação menor de grupos musculares envolvidos entre as sessões, é possível treinar mais dias por semana (DANKEL, SCOTT J et al., 2016; MEDICINE, 2009). Dessa maneira, TFAF resultaria em estímulos mais efetivos por semana (isto é, mais dias de treinamento por semana) e, portanto, maior síntese de proteína muscular global e hipertrofia muscular do que TFBF.

Todavia, há poucas evidências empíricas para apoiar o fato de que TFAF fornece estímulos adicionais para maior resposta hipertrófica em comparação com TFBF em indivíduos bem treinados. Em revisão da literatura, encontramos apenas três estudos (SCHOENFELD; RATAMESS; et al., 2015; THOMAS, MICHAEL H; BURNS, STEVE P, 2016) conduzidos em indivíduos bem treinados que utilizaram medida hipertrófica precisa e compararam as adaptações musculares após TFAF e TFBF (volume semanal equalizado).

Nessas pesquisas, indivíduos bem treinados realizaram oito semanas de TF (carga entre 70-80% 1RM, 8-12 repetições), três vezes por semana, em uma das duas condições: TFBF (exercícios múltiplos realizados para um grupo muscular, uma vez por semana) ou TFAF (um exercício realizado por grupo muscular, uma vez por semana).

Uma investigação apontou melhorias semelhantes em massa e força musculares entre as condições (THOMAS, MICHAEL H; BURNS, STEVE P, 2016), ao passo que, em outro estudo, foi constatada uma relação dose-resposta entre a frequência de TF e as adaptações musculares (ganhos de força e massa musculares) em apenas um grupo muscular (espessura dos flexores do cotovelo) de três músculos avaliados (extensores e flexores do cotovelo e vasto lateral) (SCHOENFELD; RATAMESS; et al., 2015). Esses resultados conflitantes confundem a capacidade de obter conclusões específicas (NISSEN et al., 2016) sobre a frequência de treinamento (alto versus baixo) em indivíduos bem treinados. Desse modo, são necessários mais estudos com diferentes abordagens experimentais para explorar melhor o papel da frequência do TF nas adaptações musculares em sujeitos bem treinados.

Os estudos supramencionados utilizaram um delineamento que comparou um volume de treinamento diário baixo (ou seja, três séries por grupo muscular) em uma rotina de três dias (TFAF) com um volume de treinamento diário alto (nove séries por grupo muscular) em uma rotina de um dia (TFBF). Esse delineamento permite equiparar o volume de treinamento entre as duas condições (TFAF versus TFBF) e evitar um possível efeito confundidor do volume total de treinamento (SCHOENFELD; RATAMESS; et al., 2015; THOMAS, MICHAEL H; BURNS, STEVE P, 2016).

Nessas investigações, embora houvesse mais estímulos por semana com TFAF, os ganhos de força e massa musculares foram semelhantes entre as frequências (um versus três dias por semana) em indivíduos bem treinados, exceto para os ganhos de espessura dos flexores do cotovelo (SCHOENFELD; RATAMESS; et al., 2015; THOMAS, MICHAEL H; BURNS, STEVE P, 2016). Parece razoável supor que, embora ocorram mais estímulos por semana com uma rotina de três dias, três estímulos por semana não foram suficientes para encontrar a superioridade de TFAF sobre TFBF (rotina de um dia) em sujeitos bem treinados (DANKEL, SCOTT J et al., 2016; SCHOENFELD; RATAMESS; et al., 2015; THOMAS, MICHAEL H; BURNS, STEVE P, 2016).

A SPM total após uma única sessão de TF é três vezes menor em indivíduos treinados quando comparado com indivíduos destreinados (DAMAS et al., 2015), nesse sentido, pode ser interessante aumentar a frequência de TF (i.e, aumentar estímulos em um determinado grupos muscular dentro de uma semana) para mais que três vezes por semana, como visto nos

dois únicos estudos que investigaram TFAF vs TFBF em indivíduos bem treinados (SCHOENFELD; RATAMESS; et al., 2015; THOMAS, MICHAEL H; BURNS, STEVE P, 2016). Visto que, aumentando a frequência de TF supostamente resultaria em uma maior SPM global (DANKEL, SCOTT J et al., 2016) e conseqüentemente maiores ganhos de massa muscular, nessa perspectiva o volume total semanal também seria maior o que refletiria em um menor estresse muscular (fadiga) devido ao menor número de séries realizado para cada grupamento muscular.

Assim, esse estudo teve como hipótese que ao aumentar a frequência de TF de três para cinco vezes por semana, resultaria em uma maior SPM global e um maior volume total de treinamento e conseqüentemente em maiores adaptações musculares (força e HM). Para testar esta hipótese, nós investigamos o impacto de duas frequências de TF diferentes: TFAF (grupos musculares treinados cinco dias por semana) versus TFBF (grupos musculares treinados um dia por semana), sobre força e massa musculares em homens bem treinados.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

Investigar se TFAF com baixo volume de treinamento diário é um meio mais eficiente do que TFBF com alto volume de treinamento diário, para aumentar a massa e força musculares em homens bem treinados.

1.4.2 Objetivos específicos

- ◆ Investigar se TFAF é mais eficiente do que TFBF para aumentar a força muscular nos exercícios supino reto e agachamento livre.
- ◆ Investigar se TFAF é mais eficiente do que TFBF para aumentar a massa muscular na região apendicular e no tronco.

2 MÉTODOS

2.1 PARTICIPANTES

Os sujeitos foram recrutados em academias de musculação por meio de redes sociais e convites pessoais. A amostra foi composta por 23 (vinte e três) homens ($26,6 \pm 4,2$ anos; $175,3 \pm 4,9$ m; $78,5 \pm 9,6$ kg) que se encaixaram nos seguintes critérios de inclusão: homens com idade entre 18 e 40 anos, com prática de TF de pelo menos três anos ininterruptos e razão de agachamento/peso corporal $\geq 1,5$ e de supino/peso corporal $\geq 1,0$ (SCHOENFELD; POPE; et al., 2016). Além disso, pressão arterial e glicemia controladas; ausência de miopatias, artropatias e neuropatias; ausência de distúrbios musculares, tromboembólicos e gastrointestinais; ausência de doenças cardiovasculares e de infecção; não alcoólatras (sem qualquer ingestão de álcool em sua dieta); não fumante; não usuário de suplementos alimentares e de substâncias farmacológicas (por exemplo, esteroides anabolizantes) ou quaisquer agentes ilegais por, pelo menos, um ano antes do estudo.

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

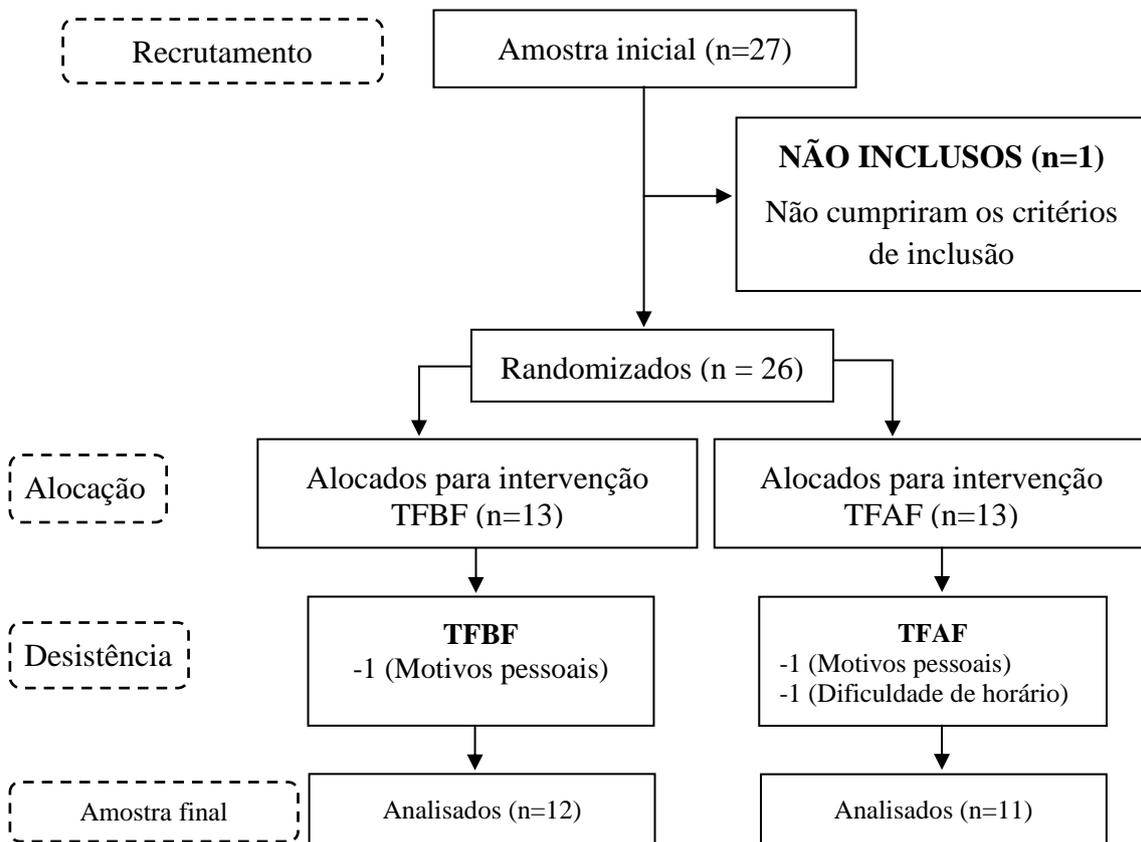
Inicialmente os participantes realizaram uma visita no local onde aconteceria toda a intervenção, e assim, conhecer todo os procedimentos do estudo. Responderam aos questionários do recordatório alimentar (o qual foi realizado por um profissional da área de nutrição), anamnese e convém salientar que todos os participantes foram esclarecidos dos objetivos e procedimentos do estudo e assinaram um termo de consentimento por escrito. Sob o n. 1.984, a pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética local e elaborada em acordo com a Resolução n. 466, de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde. No decorrer das demais visitas foram realizados os testes de 1 RM no agachamento livre e supino reto e a mensuração da composição corporal.

O estudo foi experimental e randomizado (Figura 1) em dois grupos – TF de baixa frequência (TFBF; $n = 12$) e TF de alta frequência (TFAF; $n = 11$) – que treinaram ao longo de oito semanas, em que as alterações em força e massa musculares foram avaliadas antes e após a intervenção. Ambos os grupos realizaram exercícios de força para membros inferiores e superiores (supino reto, tríceps testa, agachamento livre, *leg press* 45°, remada sentada, rosca direta, mesa flexora, elevação lateral, panturrilha em pé, abdominal no solo, lombar na mesa romana). Ambos os grupos realizaram de cinco a dez séries por exercício, com

intensidade entre 8 e 12 repetições máximas (i.e., até a falha concêntrica) por série. A intensidade calculada foi de 70% a 80% de 1RM (CHODZKO-ZAJKO; PROCTOR; FIATARONE SINGH, 2009).

A cadência de movimento foi realizada com ~2 segundos na fase excêntrica e ~1 segundo na fase concêntrica, de forma controlada. As pausas entre séries e exercícios foram estabelecidas em 90 segundos, sendo realizadas cinco sessões de TF de segunda a sexta-feira por ambos os grupos. Após o período de TF (oito semanas), realizaram-se as reavaliações 72 horas após a última sessão de treinamento, para evitar efeitos residuais.

Figura 1 – Fluxograma da seleção da amostra



Fonte: Elaboração do autor.

TFBF – Treinamento de força de baixa frequência; TFAF – Treinamento de força de alta frequência.

2.3 AVALIAÇÕES

2.3.1 Avaliações de composição corporal

Avaliaram-se a massa corporal por meio de uma balança digital portátil (Tanita, modelo 2001, capacidade de 150 kg, precisão de 0,1 kg) e a estatura por um estadiômetro fixado na balança. Para determinar a composição corporal (massa muscular, gordura corporal), foi utilizada a densitometria por dupla emissão de raios-X (DXA), com o *software* enCORE 14.0 (GE / Lunar iDXA Corp., Madison, WI, EUA) calibrado de acordo com as especificações do fabricante – tais procedimentos foram realizados pelo mesmo avaliador, no mesmo horário do dia. O coeficiente de variação diária foi de 0,5% para a massa magra livre de osso e a massa de gordura. Como a massa magra livre de osso é composta principalmente pela massa muscular, sobretudo na região apendicular, iremos denominá-la de massa muscular.

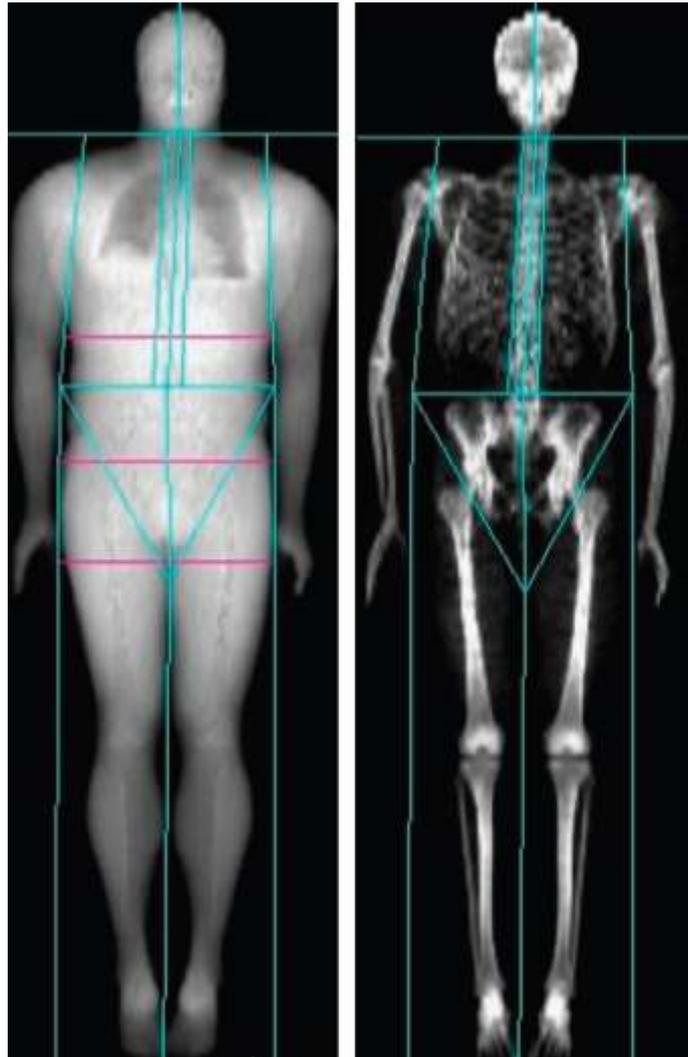
O *software* enCORE 14.0 estima automaticamente os resultados da massa muscular do corpo total e regional (braços, tronco, androide, ginóide e pernas), como demonstrado na Figura 1. A descrição subsequente indica o modo como foram divididas as partes do corpo:

- A região do braço consistiu de área do braço e do ombro determinada pela demarcação de uma linha a partir do sulco axilar e através da articulação glenoumeral;
- A região do tronco incluiu pescoço, peito, abdominal e área pélvica (demarcação superior da borda abaixo do queixo e a inferior, das linhas que cruzaram o meio do colo femoral sem tocar na borda da pelve);
- A região androide diz respeito à área entre as costelas e a pélvis (demarcação superior 20% da distância entre a crista ilíaca e o pescoço, e inferior, no topo da pelve);
- A região ginóide incluiu os quadris e as coxas, com demarcação superior abaixo do topo da crista ilíaca em uma distância de 1,5 vezes a altura da região androide;
- A região da perna incluiu toda a área abaixo das linhas que formaram as bordas inferiores do tronco.

Com o intuito de calcular o índice de massa muscular (MMI), dividiu-se a massa muscular apendicular (kg) pela altura (m) ao quadrado. O teste foi realizado pela manhã (entre 8:00 e 10:00 horas) (pré e pós-intervenção), em que os sujeitos foram instruídos a tomarem um café da manhã padronizado. Antes dos testes, solicitou-se a eles que vestissem roupas leves, sem objetos metálicos. Cada participante foi posicionado sobre a mesa em decúbito

dorsal, com braços ao lado do corpo, pernas levemente afastadas e pontas dos pés unidas (Figura 2). Os joelhos e tornozelos foram fixados com uma fita de 8 cm, a fim de evitar qualquer mudança na posição do corpo. Vale ressaltar que o teste teve uma duração média de sete minutos.

Figura 2 – Varredura do DXA mostrando as demarcações regionais do corpo



Fonte: Imagens geradas pelo *software* enCORE 14.0

2.3.2 Avaliação da força máxima

A força muscular foi mensurada por meio do teste de 1-RM nos exercícios agachamento livre e supino reto, seguindo as recomendações das diretrizes estabelecidas pelo Manual de Avaliação do Colégio Americano de Medicina do Esporte (MEDICINE, 2013).

Antes do teste, os voluntários relataram que nenhuma outra atividade física, exceto as decorrentes da vida diária, foi realizada por pelo menos 72 horas antes do teste.

Para o teste de 1-RM no agachamento livre, orientou-se o voluntário a se posicionar dentro da gaiola (suporte de agachamento estável), com marcações de altura ajustáveis e grades de segurança nas laterais. Dois assistentes, um em cada lado da barra, foram solicitados para auxiliar, caso o sujeito não suportasse a carga utilizada. Pediu-se ao indivíduo que se posicionasse com a planta dos pés completamente em contato com o solo e que o espaço entre um pé e outro fosse o necessário para manter os membros inferiores alinhados com a articulação do quadril. A amplitude do movimento do exercício, em se tratando dos joelhos, foi padronizada em ângulo de 90°. Ao final do movimento e com a ajuda dos assistentes, a barra foi retornada para o suporte.

Para o teste de 1-RM no supino reto, o sujeito se posicionou em decúbito dorsal sobre um banco horizontal, com os glúteos em contato com o banco e os pés apoiados no solo, segurando a barra com as mãos em pronação a uma distância superior à largura dos ombros. A barra foi retirada do suporte e, em seguida, o voluntário a desceu (abdução horizontal do braço, seguida de flexão do antebraço), até encostá-la suavemente no peito, à altura do osso esterno, alinhada com os mamilos. Após isso, a barra foi retornada à posição inicial (adução horizontal do braço, seguida de extensão do antebraço), e a barra no suporte foi travada.

Em ambos os testes de 1-RM (supino reto e agachamento livre) os pesos foram utilizados em forma de anilhas, os quais foram colocados nas extremidades da barra, e o voluntário executou o movimento determinado. Os indivíduos realizaram um aquecimento antes do teste, que consistiu em 5-10 repetições com cargas que corresponderam a ~ 50% de 1RM. Na sequência, eles foram autorizados a descansar por um minuto. Em seguida, a carga utilizada foi aquela que, segundo o voluntário, se aproximava do máximo que conseguia; então, ele fez a repetição e descansou por cinco minutos. A carga foi ajustada em até 10% da tentativa anterior, solicitando-se ao voluntário que realizasse uma nova repetição.

Caso o indivíduo não conseguisse realizar a repetição com sucesso na primeira tentativa, o teste seria feito de forma decrescente e com as mesmas regras, diminuindo o peso em até 10% da tentativa anterior. A carga máxima adotada foi a última que o voluntário conseguiu executar o exercício, sem qualquer falha na mecânica de execução. No mínimo, obedeceram-se de quatro a cinco minutos de intervalo entre as tentativas. Se houvesse a necessidade de mais do que cinco tentativas para encontrar a carga máxima, o teste era cancelado e remarcado em uma nova data. O tempo entre o teste no agachamento livre e supino reto foram estabelecidos em 20 minutos.

2.3.3 Avaliação nutricional

Foi realizado o registro alimentar duas vezes durante o estudo: três dias antes de iniciá-lo e logo após as oito semanas de intervenção. Instruíram-se os sujeitos sobre como preencher corretamente o registro de todos os alimentos consumidos, os respectivos tamanhos de porções e marcas conforme o período indicado. O registro foi analisado por uma profissional da área de nutrição esportiva que utilizou o *software* DietSmart COPYRIGHT © versão 7.7. Cada alimento foi inserido individualmente nesse programa, para que fornecesse informações relevantes como quantidade total de energia (Kcal), proteína (g), carboidrato (g) e gordura (g).

Com vistas a evitar a interferência nutricional no estudo, os sujeitos foram aconselhados a seguir o regime nutricional habitual. Para assegurar uma ingestão adequada de proteína, forneceu-se a todos os voluntários um suplemento à base de soro do leite (*whey protein*) contendo 24 g de proteína e 6,4 gramas de carboidrato, consumido imediatamente após cada seção no próprio local de treinamento, para potencializar a síntese proteica muscular após uma seção de TF (ARAGON; SCHOENFELD, 2013).

2.4 PROTOCOLO DE TREINAMENTO DE FORÇA

O protocolo de TF foi feito cinco dias na semana (de segunda a sexta-feira) (Tabela 1) ao longo de oito semanas. Ambos os grupos realizaram duas rotinas diferentes de TF (TFBF e TFAF): 5-10 séries por exercício por semana (exceto para tríceps testa, rosca direta e elevação lateral, com cinco séries); 8 a 12 RMs (até a falha concêntrica), que equivaleram a 70-80% de 1RM; e tempo de recuperação de 90 segundos, entre séries e exercícios. Cumpre dizer que o grupo TFBF realizou dois exercícios em cada sessão de treinamento, enquanto o grupo TFAF fez todos os exercícios em cada sessão de treino (Tabela 1).

O grupo TFBF teve uma rotina de TF (tempo de duração ~ 31 minutos) dividida de acordo com os segmentos do corpo: segunda-feira – supino reto e tríceps testa; terça-feira – *leg press* 45° e agachamento livre; quarta-feira – remada sentada e rosca direta; quinta-feira – mesa flexora e panturrilha em pé; sexta-feira – elevação lateral, flexão de tronco (abdominais) no solo e extensão de tronco (lombar) na mesa romana. Em cada sessão, esse grupo realizou dez séries por exercício (exceto para tríceps testa, rosca direta e elevação lateral, com cinco séries).

Enquanto isso, o grupo TFAF apresentou uma rotina (tempo de duração ~32 minutos) para todos os segmentos do corpo de segunda a sexta-feira – supino reto, tríceps testa, agachamento livre, *leg press* 45°, remada sentada, rosca direta, mesa flexora, panturrilha em pé, elevação lateral, flexão de tronco (abdominais) no solo e extensão de tronco (lombar) na mesa romana (Tabela 1). Em cada sessão, o grupo TFAF realizou duas séries por exercício (exceto para tríceps testa, rosca direta e elevação lateral, com uma série). Um aquecimento com 15 repetições e 50% de 1RM foi feito antes de cada exercício e, ao final das sessões de TF, realizaram-se exercícios de alongamento, com o objetivo de voltar à calma.

Durante a intervenção, se o voluntário fosse capaz de realizar mais de 12 repetições na primeira série de cada exercício, a carga era ajustada entre 5 e 10%, para garantir as repetições máximas de 8 a 12 repetições e manter uma intensidade relativa e a sobrecarga progressiva.

Tabela 1 – Protocolo de treinamento

GRUPOS	SEGUNDA-FEIRA	TERÇA-FEIRA	QUARTA-FEIRA	QUINTA-FEIRA	SEXTA-FEIRA					
	<u>SÉRIES</u>	<u>SÉRIES</u>	<u>SÉRIES</u>	<u>SÉRIES</u>	<u>SÉRIES</u>					
TFBF	Supino reto	10	Agachamento livre	5	Remada sentada	10	Mesa flexora	10	Elevação lateral	5
	Tríceps testa	5	<i>Leg press 45°</i>	5	Rosca direta	5	Panturrilha em pé	10	Abdominal no solo	10
TFAF								Mesa romana	10	
	Leg press 45°	1	Supino reto	2	Mesa flexora	2	Elevação lateral	1	Panturrilha em pé	2
	Agachamento livre	1	Remada sentada	2	Supino reto	2	Tríceps testa	1	Abdominal solo	2
	Supino reto	2	Leg press 45°	1	Remada sentada	2	Rosca direta	1	Mesa romana	2
	Remada sentada	2	Agachamento livre	1	Leg press 45°	1	Leg press 45°	1	Supino reto	2
	Mesa flexora	2	Mesa flexora	2	Agachamento livre	1	Agachamento livre	1	Mesa flexora	2
	Rosca direta	1	Rosca direta	1	Rosca direta	1	Supino reto	2	Rosca direta	1
	Tríceps testa	1	Tríceps testa	1	Tríceps testa	1	Supino reto	2	Rosca direta	1
	Elevação lateral	1	Elevação lateral	1	Elevação lateral	1	Mesa flexora	2	Elevação lateral	1
	Panturrilha em pé	2	Panturrilha em pé	2	Panturrilha em pé	2	Panturrilha em pé	2	Leg press 45°	1
	Abdominal solo	2	Abdominal solo	2	Abdominal solo	2	Abdominal solo	2	Agachamento livre	1
	Mesa romana	2	Mesa romana	2	Mesa romana	2	Mesa romana	2	Supino reto	2

TFBF – Treinamento de força de baixa frequência; **TFAF** – Treinamento de força de alta frequência.

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A distribuição de dados foi feita a partir do teste de D'Agostino-Pearson, e estes são apresentados em média e desvio padrão ou intervalo de confiança de 95% (para os valores de delta). Para a idade, escala de percepção de esforço a experiência dos participantes, os dados são apresentados por mediana e intervalo interquartil. Utilizou-se o teste t independente de Student (dados contínuos) ou o teste de Mann-Whitney (dados discretos) para comparar as características basais entre os grupos (TFBF e TFAF). O teste Levene foi usado para determinar a igualdade de variâncias na linha de base, e a ANOVA de medida repetida, para determinar os efeitos do grupo (TFBF e TFAF), tempo (pré e pós) e interação do tempo por grupo.

Ademais, utilizou-se o teste Mauchly para avaliar a esfericidade. Quando um teste F foi significativo, o tamanho do efeito (η^2 -quadrado parcial) e o poder estatístico observado foram realizados. O teste t independente foi utilizado para comparar a diferença de volume de treino entre os grupos nas semanas 1, 4, 8 e a somatória das 8 semanas, para cada exercício e a somatória de todos os exercícios. Considerou-se a significância estatística em $P < 0,05$.

3 RESULTADOS

Não houve diferença entre os grupos quanto às características dos participantes no início do estudo (Tabela 2).

Tabela 2 – Características iniciais na pré-intervenção

VARIÁVEL	TFBF N=12	TFAF N=11	P
Idade (anos)	25,5 (24,0 – 26,5)	27,1 (25,0 – 28,7)	0,267
Massa corporal (kg)	78,2 ± 9,8	78,8 ± 9,9	0,899
Altura (cm)	174 ± 5,2	176,8 ± 4,1	0,173
Experiência de treino (anos)	6 (4,5 – 7)	7 (6 – 8)	0,131
1RM agachamento (kg)	132,9 ± 28,1	123,3 ± 17,5	0,344
1RM agach./massa corp. (kg)	1,7 ± 0,3	1,6 ± 0,2	0,285
1RM (kg) supino reto	103,5 ± 15,4	100,6 ± 14,5	0,652
1RM sup. /massa corp. (kg)	1,3 ± 0,1	1,3 ± 0,2	0,567
IMM (kg/m ²)	9,9 ± 1,2	9,7 ± 0,9	0,624
Total M.M (kg)	61,1 ± 8,4	62,1 ± 4,4	0,722
Gordura corporal (%)	19,2 ± 6,1	16,5 ± 5,8	0,294
Total gordura corporal (kg)	14,4 ± 4,7	13,4 ± 6,2	0,722

TFBF – treinamento de força de baixa frequência; **TFAF** – treinamento de força de alta frequência; **1RM** – 1 repetição máxima; **IMM** – índice de massa muscular; **TOTAL M.M** – total de massa muscular.

Teste de Mann-Whitney (dados não paramétricos) – Mediana (P₂₅ – P₇₅).

Test-t (dados paramétricos) – Média e desvio padrão (± DP).

Nesse caso, as aderências ao TFAF e ao TFBF foram de 98% e 97%, respectivamente. Não houve diferenças nos macronutrientes da dieta (carboidratos, proteínas, gorduras e quilocalorias) dentro ou entre os grupos ao longo do estudo, como pode ser observado na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3 – Ingestão alimentar pré e pós-intervenção

	TFBF pré	TFBF pós	TFAF pré	TFAF pós	P grupo	P momento	P Interação
Proteína (g)	150,6 ± 20,0	152,1 ± 17,4	150,1 ± 18,7	151,4 ± 15,8	0,979	0,640	0,838
PR/PC (g/kg)	1,9 ± 0,3	1,9 ± 0,1	1,91 ± 0,1	1,9 ± 0,1	0,802	0,709	0,521
CHO (g)	263,9 ± 23,7	270,5 ± 27,7	264,6 ± 20,3	270,2 ± 29,2	0,983	0,342	0,918
CHO/PC (g/kg)	3,4 ± 0,2	3,3 ± 0,4	3,3 ± 0,3	3,5 ± 0,2	0,849	0,726	0,727
Gordura (g)	86,2 ± 12,9	88,1 ± 12,8	87,8 ± 15,4	87,7 ± 12,3	0,906	0,698	0,683
GOR/PC (g/kg)	1,2 ± 0,2	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,1	1,3 ± 0,1	0,877	0,894	0,911
Energia (Kcal)	2434,6 ± 244,9	2483,4 ± 258,8	2452,5 ± 255,7	2476,4 ± 256,1	0,957	0,265	0,703

TFBF – treinamento de força de baixa frequência; **TFAF** – treinamento de força de alta, **PROT/PC (g/kg)** – total de proteína (gramas) por peso corporal (quilogramas); **GOR/PC (g/kg)** – total de gordura (gramas) por peso corporal (quilogramas); **CHO/PC (g/kg)** – total de carboidrato (gramas) por peso corporal (quilogramas); **Kcal** – Quilocaloria. Dados apresentados em média e desvio padrão (\pm DP).

As diferenças na massa muscular (total, tronco, braços, ginóide, androide, perna e IMM) volume de treino e força muscular (supino reto e agachamento livre) após oito semanas de intervenção (pré versus pós) foram comparadas estatisticamente e interpretadas. O TFAF obteve maior volume total do que TFBF no início, meio e final do estudo (Tabela 4). Houve efeitos significativos ($P < 0,05$) para o tempo na massa muscular (total, tronco menos androide, ginóide, perna e MMI) e força muscular (supino reto e agachamento livre), indicando que ambas as intervenções aumentaram a massa e a força musculares. Não houve interação significativa do tempo pelos grupos para massa e força musculares, mostrando que as respostas foram semelhantes entre as intervenções (Tabela 5).

Tabela 4 – Volume de carga semanal por grupo muscular e total (kg)

Exercício	Grupos	Semana 1	Semana 4	Semana 8	Soma das 8 semanas
Rosca direta	TFBF	1428,7 ± 223,7	1546,3 ± 189,8	1568,7 ± 293,6	12135,6 ± 1733,1
	TFAF	1856,1 ± 3141*	2029,1 ± 234,9*	2068,4 ± 273,3*	16007,8 ± 1942,2*
	Δ%	23,0	23,8	24,1	24,1
Tríceps testa	TFBF	1512,6 ± 202,3	1535,6 ± 251,7	1650,0 ± 331,0	12380,4 ± 1666,7
	TFAF	1740,6 ± 377,0	1970,0 ± 348,6*	1909,1 ± 505,7*	15139,6 ± 2425,7*
	Δ%	13,1	22,0	13,5	18,2
Elevação lateral	TFBF	1230,5 ± 312,8	1324,1 ± 329,0	1381,3 ± 319,4	10298,5 ± 2832,14
	TFAF	1350,5 ± 248,0	1522,9 ± 295,1	1546,9 ± 292,2	18880,0 ± 24789,7
	Δ%	8,8	13,0	10,7	12,7
Supino reto	TFBF	6472,01 ± 1066,1	6628,6 ± 938,7	6733,1 ± 1064,0	52705,9 ± 7654,8
	TFAF	8014,72 ± 1321,7*	8972,6 ± 1428,6*	8639,6 ± 1089,1*	66460,2 ± 9491,7*
	Δ%	19,2	26,1	22,0	20,7
Remada sentada	TFBF	5948,7 ± 1006,8	6306,2 ± 838,2	6392,1 ± 1088,7	50010,4 ± 7848,8
	TFAF	6773,6 ± 909,2	7549,2 ± 814,4*	7556,3 ± 817,8*	58803,0 ± 11329,1*
	Δ%	12,1	16,4	15,4	14,9
Agachamento livre	TFBF	3739,3 ± 781,5	4091,0 ± 871,9	4344,0 ± 879,0	33263,5 ± 7587,5
	TFAF	4532,7 ± 454,4*	5319,8 ± 531,1*	5193,45 ± 1395,24	38558,09 ± 5617,9
	Δ%	17,5	23,1	16,3	13,7
Leg press 45°	TFBF	10290,0 ± 1251,8	10954,5 ± 1069,3	11257,5 ± 1683,4	84985,0 ± 11589,0
	TFAF	10853,3 ± 1681,0	12061,6 ± 1929,9	12910,0 ± 2180,2	93307,1 ± 16591,4
	Δ%	5,1	9,1	12,8	8,9
Mesa flexora	TFBF	3308,2 ± 531,9	3722,8 ± 518,2	3753,7 ± 633,4	28701,9 ± 3920,5
	TFAF	4247,2 ± 732,2*	4695,18 ± 593,4*	5082,6 ± 568,8*	37251,4 ± 4071,9*
	Δ%	22,1	20,7	26,1	22,9
Panturrilha em pé	TFBF	6497,5 ± 2045,7	8450,8 ± 2816,6	9312,5 ± 1954,0	68762,1 ± 13908,4
	TFAF	7649,2 ± 1378,2	9393,2 ± 1613,4	9797,4 ± 1403,3	70122,7 ± 11657,5
	Δ%	15,0	10,0	4,9	11,7
Volume total	TFBF	41168,5 ± 4067,8	45664,9 ± 6594,9	46910,1 ± 7164,9	353243,5 ± 42255,3
	TFAF	46644,5 ± 4920,0*	52985,1 ± 3661,6*	53194,0 ± 4659,6*	410652,9 ± 51940,5*
	Δ%	11,7	13,8	11,8	13,9

TFAF – Treinamento de força de alta frequência, **TFBF** – Treinamento de força de baixa frequência,

Δ % - (valor pós menos valor pré) x 100 / valor pré

Dados apresentados em média e desvio padrão (±SD)

*Diferença significativa entre grupos (P<0,05),

Tabela 5 – Comparação das mudanças da massa muscular e força após oito semanas de treinamento de força

VARIÁVEIS	TFBF pré	TFAF pós	Δ TFBF	TFAF pré	TFAF pós	Δ TFAF	$\Delta_{TFAF}-\Delta_{TFBF}$	P grupo	P momento	ETA	Power	P Interação
MM Total (kg)	61,1 ± 8,4	61,7 ± 8,2	0,5 (-0,0 – 1,1)	62,2 ± 4,4	62,9 ± 4,25	0,8 (-0,0 – 1,6)	0,2 (-0,7 – 1,2)	0,689	0,007	0,30	0,82	0,619
MM Tronco (kg)	27,7 ± 4,2	27,8 ± 4,0	0,1 (-0,2 – 0,5)	28,3 ± 1,4	28,9 ± 1,36	0,5 (-0,1 – 1,0)	0,3 (-0,3 – 0,9)	0,521	0,067	0,16	0,48	0,301
MM Androide (kg)	3,9 ± 0,5	3,9 ± 0,6	-0,0 (-0,1 – 0,1)	4,0 ± 0,3	4,0 ± 0,25	0,0 (-0,1 – 0,1)	0,1 (-0,1 – 0,1)	0,761	0,961	0,00	0,05	0,639
MM Tronco Superior (kg)	23,7 ± 3,6	23,8 ± 3,5	0,1 (-0,2 – 0,5)	24,3 ± 1,3	24,8 ± 1,3	0,4 (-0,0 – 0,8)	0,2 (-0,3 – 0,8)	0,493	0,045	0,19	0,55	0,292
MM Ginoide (kg)	9,5 ± 1,3	9,7 ± 1,5	0,2 (0,1 – 0,4)	9,6 ± 0,7	9,9 ± 0,7	0,3 (0,2 – 0,4)	0,1 (-0,1 – 0,2)	0,790	<0,001	0,63	1,00	0,586
MM Pernas (kg)	20,6 ± 2,7	21,1 ± 2,9	0,4 (0,2 – 0,7)	20,7 ± 2,5	21,1 ± 2,3	0,4 (0,0 – 0,7)	-0,1 (-0,5 – 0,3)	0,944	<0,001	0,47	0,98	0,671
MM Braços (kg)	9,4 ± 1,6	9,3 ± 1,6	0,0 (-0,2 – 0,2)	9,5 ± 1,0	9,5 ± 1,1	0,0 (-0,2 – 0,2)	0,0 (-0,3 – 0,3)	0,787	0,710	0,00	0,05	0,890
IMM (kg,m ²)	9,9 ± 1,2	10,0 ± 1,2	0,1 (0,1 – 0,2)	97,7 ± 0,9	9,8 ± 0,8	0,1 (-0,0 – 0,2)	-0,1 (-0,2 – 0,1)	0,607	0,010	0,28	0,77	0,842
1RM Agachamento (kg)	132,9 ± 28,0	140,9 ± 25,5	8,0 (2,7 – 13,2)	123,3 ± 17,5	135,3 ± 22,2	12,0 (5,1 – 18,1)	4,0 (-4,0 – 12,0)	0,448	<0,001	0,58	1,00	0,312
1RM Supino reto (kg)	103,5 ± 15,4	109,1 ± 18,5	5,6 (1,9 – 9,4)	100,6 ± 14,5	110,3 ± 12,1	9,7 (4,6 – 14,9)	4,1 (-1,8 – 9,9)	0,896	<0,001	0,56	1,00	0,168

TFAF – Treinamento de força de alta frequência; TFBF – Treinamento de força de baixa frequência; MM – massa muscular; IMM – índice de massa muscular; 1RM – Uma repetição máxima; Δ (delta) – valor pós menos valor pré; $\Delta_{TFAF}-\Delta_{TFBF}$ – Diferença entre delta TFAF e delta TFBF.

Dados apresentados em média, desvio padrão (\pm SD) e intervalo de confiança da média (95%).

*Diferença significativa entre grupos ($P < 0,05$).

4 DISCUSSÃO

Este estudo examinou as mudanças em massa e força musculares após oito semanas de TF com diferentes frequências semanais (TFBF e TFAF), em homens bem treinados. Os resultados mostraram que oito semanas de TFAF (cinco dias por semana) aumentaram massa e força musculares de maneira similar ao TFBF (um dia por semana) em sujeitos bem treinados. Assim, TFAF não é mais eficaz do que TFBF para aumentar massa e força musculares em homens bem treinados.

Os poucos estudos relacionados ao efeito da frequência de TF sobre massa e força musculares em indivíduos bem treinados foram limitados a uma frequência de três dias (SCHOENFELD; RATAMESS; et al., 2015; THOMAS, M. H.; BURNS, S. P., 2016). Evidências de diferentes configurações da frequência de TF são importantes para confirmar os achados anteriores ou para trazer uma nova perspectiva acerca da interação entre frequência de TF e ganhos em massa e força musculares (DANKEL, S. J. et al., 2016). Por isso, investigamos o impacto de duas frequências diferentes – TFAF (cinco dias por semana) e TFBF (um dia por semana) – sobre os ganhos de força e massa musculares em homens bem treinados.

Mesmo com uma frequência maior do que as referidas investigações (cinco vezes versus três vezes por semana), não observamos diferenças significativas entre grupos (TFAF e TFBF) para os ganhos de massa muscular total e nas pernas, quadril, tronco superior, IMM, além da força no supino reto e agachamento livre. Nossos resultados são convergentes com os de Thomas e Burns (2016), que também obtiveram hipertrofia e ganhos de força após TF, independentemente da frequência de treinamento em indivíduos bem treinados (THOMAS, MICHAEL H; BURNS, STEVE P, 2016). Além disso, nossos achados são apoiados por outras pesquisas que examinaram mudanças em massa e força musculares após diferentes frequências de TF em sujeitos não treinados (CANDOW; BURKE, 2007) e mais velhos (DIFRANCISCO-DONOGHUE; WERNER; DOURIS, 2007).

Em um estudo piloto (n = 5), Ribeiro et al. (2015) salientam que quatro semanas de TF de quatro e seis dias promovem aumentos similares em massa e força musculares em culturistas de elite. Em contrapartida, uma pesquisa relatou a superioridade de TFAF quando comparado a TFBF (SCHOENFELD; RATAMESS; et al., 2015). No entanto, nessa investigação, os pesquisadores mediram três músculos e relataram que o TFAF foi superior na hipertrofia dos flexores do antebraço, mas não para extensores do antebraço e vasto lateral (respostas hipertróficas semelhantes entre TFAF e TFBF). Parece que, independentemente

dos dias por semana, diferentes frequências de TF (com volume igualado) respondem de forma similar e positiva em relação às mudanças em massa e força musculares em homens bem treinados.

Foi notado que o número elevado de séries semanais no TF produz maiores ganhos de hipertrofia (KRIEGER, 2010; SCHOENFELD, BRAD J et al., 2017), especialmente em indivíduos bem treinados (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS, 2009; HACKETT, D. A.; JOHNSON, N. A.; CHOW, C. M., 2013). Em uma revisão sistemática e meta-análise, Schoenfeld et al. (2017) discorrem que uma hipertrofia muscular maior é alcançada ao fazer pelo menos dez séries semanais por grupo muscular (SCHOENFELD, B. J.; OGBORN, D.; KRIEGER, J. W., 2017).

No presente estudo, ambos os grupos realizaram dez séries semanais por grupo muscular, cujos resultados mostraram que dez séries (70-80% de 1RM) aumentam massa e força musculares, independentemente da forma de distribuição semanal (TFAF ou TFBF) em homens bem treinados. Tais descobertas sugerem que o número total ajustado por semana (dez séries), mas não a distribuição do volume total na semana, é importante para obter massa muscular e força em homens bem treinados. Por conseguinte, quando um número ótimo de séries (volume ótimo de treinamento) é alcançado, TFBF não é superior a TFAF, no tocante a ganhos de força e massa musculares em homens bem treinados. Dado um ótimo volume de treinamento, TFAF e TFBF podem ser estratégias de sobrecarga semelhantes para promover a adaptação muscular em homens bem treinados.

A relação dose-resposta entre o número de séries de TF (por grupo muscular por semana) e hipertrofia muscular vem sendo reportado na literatura (SCHOENFELD, BRAD J et al., 2017). Também é salientado que uma grande quantidade de séries induz um menor número de repetições nas séries subsequentes após as primeiras séries, levando a um menor volume total por grupo muscular por semana (HACKETT et al., 2012). Portanto, parece razoável assumir que o TF, com elevado número de séries por grupo muscular e baixa frequência (tal como o TFBF), promoveria menor volume total por grupo muscular por semana e, conseqüentemente, menores ganhos de massa muscular, quando comparado ao TF com baixo número de séries e alta frequência (a exemplo do TFAF).

De fato, no presente estudo, o grupo TFBF realizou um menor volume total (-13,9%; Tabela 4) do que o do TFAF, o que representou uma pequena redução de ~1,4 séries por semana no primeiro grupo, em comparação ao segundo. Entretanto, não houve diferença significativa entre os grupos para os ganhos de massa e força musculares. Esses dados sugerem que o número total reduzido de séries por semana observado no TFBF não foi

suficiente para prejudicar os ganhos de massa e força musculares em homens bem treinados. Uma pequena diminuição abaixo de dez séries no TF – número total ótimo de séries por semana que não provoca redução importante nos ganhos hipertróficos – e cada série do TF por semana representam uma alteração muito pequena no tamanho muscular, de 0,37% (SCHOENFELD, BRAD J et al., 2017).

Embora o DXA seja um método preciso e acurado para identificar a mudança na massa muscular, ele não realiza uma medida hipertrófica direta e não identifica diferenças muito pequenas (como 0,37%); logo, a falta de sensibilidade do método para avaliar pequenas mudanças na massa muscular pode ser uma limitação do estudo atual. Embora uma discrepância ínfima nos ganhos de massa esteja presente neste estudo, ela não parece justificar a escolha da TFBF (SCHOENFELD, BRAD J et al., 2017).

5 CONCLUSÃO

Em conclusão, nossos resultados mostraram que dez séries realizadas com ~70% de 1RM distribuídos na semana (TFAF, cinco dias por semana, duas séries por dia) aumentaram massa e força musculares semelhantemente a dez séries realizadas em um dia por semana (TFBF um dia por semana, dez séries por dia), em homens bem treinados.

Nossos achados sugerem um número ótimo de série (ou seja, um ótimo volume de treinamento) por semana, em vez de frequência de treinamento, seja um importante “estímulo” para promover ganhos de massa e força musculares em homens bem treinados. Nesse sentido, dado um ótimo volume de treinamento, TFAF e TFAF são estratégias de sobrecarga semelhantes para promover adaptações musculares em homens bem treinados.

REFERÊNCIAS

ALEGRE, L. M. et al. Load- controlled moderate and high- intensity resistance training programs provoke similar strength gains in young women. **Muscle & nerve**, v. 51, n. 1, p. 92-101, 2015.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS, M. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Med Sci Sports Exerc**, v. 41, n. 3, p. 687-708, Mar 2009.

ARAGON, A. A.; SCHOENFELD, B. J. Nutrient timing revisited: is there a post-exercise anabolic window? **Journal of the international society of sports nutrition**, v. 10, n. 1, p. 5, 2013.

BARCELOS, L. C. et al. Low-load resistance training promotes muscular adaptation regardless of vascular occlusion, load, or volume. **European journal of applied physiology**, v. 115, n. 7, p. 1559-1568, 2015.

BASSEL-DUBY, R.; OLSON, E. N. Signaling pathways in skeletal muscle remodeling. **Annu. Rev. Biochem.**, v. 75, p. 19-37, 2006.

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.

BOMPA, T. O.; DE OLIVEIRA, P. R.; FRANCISCON, C. A. **Periodização: teoria e metodologia do treinamento**. Phorte, 2002. ISBN 8586702501.

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, 2010.

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

CHAGAS, M. et al. Variáveis estruturais: elementos primários para a sistematização do treinamento em musculação. **Temas atuais em educação física e esportes IX. Belo Horizonte: Editora Gráfica Silveira**, p. 49-68, 2004.

CHODZKO-ZAJKO, W.; PROCTOR, D.; FIATARONE SINGH, M. American College of Sports Medicine American College of Sports Medicine American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. **Med Sci Sports Exerc**, v. 41, p. 1510-1530, 2009.

DAMAS, F. et al. A review of resistance training-induced changes in skeletal muscle protein synthesis and their contribution to hypertrophy. **Sports medicine**, v. 45, n. 6, p. 801-807, 2015.

DAMAS, F. et al. Resistance training- induced changes in integrated myofibrillar protein synthesis are related to hypertrophy only after attenuation of muscle damage. **The Journal of physiology**, v. 594, n. 18, p. 5209-5222, 2016.

DANKEL, S. J. et al. Frequency: The Overlooked Resistance Training Variable for Inducing Muscle Hypertrophy? **Sports Med**, Oct 17 2016.

DANKEL, S. J. et al. Frequency: The Overlooked Resistance Training Variable for Inducing Muscle Hypertrophy? **Sports medicine**, p. 1-7, 2016.

DIFRANCISCO-DONOGHUE, J.; WERNER, W.; DOURIS, P. C. Comparison of once-weekly and twice-weekly strength training in older adults. **British journal of sports medicine**, v. 41, n. 1, p. 19-22, 2007.

ENOKA, R. M. Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. **Journal of applied physiology**, v. 81, n. 6, p. 2339-2346, 1996.

_____. Neural adaptations with chronic physical activity. **Journal of biomechanics**, v. 30, n. 5, p. 447-455, 1997.

FLECK, S.; SIMÃO, R. Princípios Metodológicos para o treinamento de Força. ed. **Phorte, São Paulo**, 2008.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. **Designing Resistance Training Programs, 4E**. Human Kinetics, 2014. ISBN 0736081704.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. Resistance training: physiological responses and adaptations (Part 3 of 4). **The Physician and sportsmedicine**, v. 16, n. 5, p. 63-76, 1988.

_____. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. Artmed Editora, 2017. ISBN 8582713908.

FRY, A. C. The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. **Sports medicine**, v. 34, n. 10, p. 663-679, 2004.

GOLDSPINK, G.; HARRIDGE, S. Cellular and molecular aspects of adaptation in skeletal muscle. **Strength and power in sport**, v. 2, p. 231-251, 1992.

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.

GOTSHALK, L. A. et al. Hormonal responses of multiset versus single-set heavy-resistance exercise protocols. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 22, n. 3, p. 244-255, 1997.

HACKETT, D. A.; JOHNSON, N. A.; CHOW, C.-M. Training practices and ergogenic aids used by male bodybuilders. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 6, p. 1609-1617, 2013.

HACKETT, D. A.; JOHNSON, N. A.; CHOW, C. M. Training practices and ergogenic aids used by male bodybuilders. **J Strength Cond Res**, v. 27, n. 6, p. 1609-17, Jun 2013.

HACKETT, D. A. et al. A novel scale to assess resistance-exercise effort. **Journal of Sports Sciences**, v. 30, n. 13, p. 1405-1413, 2012.

KERKSICK, C. M. et al. Early-phase adaptations to a split-body, linear periodization resistance training program in college-aged and middle-aged men. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 23, n. 3, p. 962-971, 2009.

KRAEMER, W. J.; FLECK, S. J. Fundamentos do treinamento de força muscular. **Porto Alegre: Artmed**, 1999.

KRAEMER, W. J. et al. Physiological changes with periodized resistance training in women tennis players. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 35, n. 1, p. 157-168, 2003.

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.

KRIEGER, J. W. Single vs. multiple sets of resistance exercise for muscle hypertrophy: a meta-analysis. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 4, p. 1150-1159, 2010.

KUMAR, V. et al. Muscle protein synthetic responses to exercise: effects of age, volume, and intensity. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, 2012.

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.

MANSO, J. M. G.; VALDIVIELSO, M. N.; CABALLERO, J. A. R. **Bases teóricas del entrenamiento deportivo: principios y aplicaciones**. 1996. ISBN 8480130539.

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.

MEDICINE, A. C. O. S. 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.

_____. **ACSM's health-related physical fitness assessment manual**. Lippincott Williams & Wilkins, 2013. ISBN 1451115687.

MITCHELL, C. J. et al. Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. **Journal of applied physiology**, v. 113, n. 1, p. 71-77, 2012.

MORITANI, T. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, v. 58, n. 3, p. 115-130, 1979.

NISSEN, S. B. et al. Publication bias and the canonization of false facts. **Elife**, v. 5, p. e21451, 2016.

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. 02, p. 114, 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. **Journal of Exercise Physiology**, v. 9, n. 1, p. 32-57, 2006.

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.

POLIQUIN, C. The Poliquin Principles. **The Dayton Writers Group**, 1997.

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.

RALSTON, G. W. et al. The Effect of Weekly Set Volume on Strength Gain: A Meta-Analysis. **Sports medicine**, p. 1-17, 2017.

RATAMESS, N. et al. Progression models in resistance training for healthy adults [ACSM position stand]. **Med Sci Sports Exerc**, v. 41, n. 3, p. 687-708, 2009.

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.

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

SCHOENFELD, B. J.; OGBORN, D.; KRIEGER, J. W. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Sports Sciences**, p. 1-10, 2016a.

_____. Effects of resistance training frequency on measures of muscle hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. **Sports medicine**, v. 46, n. 11, p. 1689-1697, 2016b.

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

SCHOENFELD, B. J.; OGBORN, D.; KRIEGER, J. W. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. **J Sports Sci**, v. 35, n. 11, p. 1073-1082, Jun 2017.

SCHOENFELD, B. J. et al. Effects of low-vs. high-load resistance training on muscle strength and hypertrophy in well-trained men. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 10, p. 2954-2963, 2015.

SCHOENFELD, B. J. et al. Longer Interset Rest Periods Enhance Muscle Strength and Hypertrophy in Resistance-Trained Men. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 30, n. 7, p. 1805-1812, 2016.

SCHOENFELD, B. J. et al. Effects of different volume-equated resistance training loading strategies on muscular adaptations in well-trained men. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 28, n. 10, p. 2909-2918, 2014.

SCHOENFELD, B. J. et al. Influence of resistance training frequency on muscular adaptations in well-trained men. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 7, p. 1821-1829, 2015.

SOONESTE, H. et al. Effects of training volume on strength and hypertrophy in young men. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 1, p. 8-13, 2013.

TAN, B. Manipulating Resistance Training Program Variables to Optimize Maximum Strength in Men: A Review. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 13, n. 3, p. 289-304, 1999.

TANIMOTO, M.; ISHII, N. Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men. **Journal of applied physiology**, v. 100, n. 4, p. 1150-1157, 2006.

THOMAS, M. H.; BURNS, S. P. Increasing lean mass and strength: A comparison of high frequency strength training to lower frequency strength training. **International journal of exercise science**, v. 9, n. 2, p. 159, 2016.

THOMAS, M. H.; BURNS, S. P. Increasing Lean Mass and Strength: A Comparison of High Frequency Strength Training to Lower Frequency Strength Training. **Int J Exerc Sci**, v. 9, n. 2, p. 159-167, 2016.

TOIGO, M.; BOUTELLIER, U. New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. **European journal of applied physiology**, v. 97, n. 6, p. 643-663, 2006.

ZAKHAROV, A. A. **Ciência do treinamento desportivo**. Grupo Palestra Sport, 2003.

ANEXO – ARTIGO EM INGLÊS**High-frequency resistance training is not more effective than low-frequency resistance training to increase muscle mass and strength in well-trained men****ABSTRACT**

We studied the effects of eight weeks of two different weekly frequency resistance training (RT) protocols regarding on muscle strength and muscle hypertrophy in well-trained men. Twenty-three subjects (age = 26.2 ± 4.2 ; RT experience = 6.9 ± 3.1) were randomly allocated into the two groups: low frequency (LFRT, n = 12) or high frequency (HFRT, n = 11). The LFRT performed a split-body routine, training each specific muscle groups once a week. The HFRT performed a total-body routine, training all muscle groups every session. Both groups performed the same number of sets (10 sets) and exercises (1-2 exercise) per week, at 70-80 % of one repetition maximum (1RM) with 08-12 repetitions, five times per week. The muscle strength (bench press and squat; 1RM test), muscle hypertrophy (dual-energy x-ray absorptiometry) were assessed prior and at the end of study. Results showed that both groups improved ($p < 0.001$) muscle strength (LFRT and HFRT: bench press = 5.6 kg and 9.7 kg and squat = 8.0 kg and 12.0 kg, respectively) and muscle hypertrophy ($p = 0.007$) (LFRT and HFRT: total body lean mass = 0.5 kg and 0.8 kg, respectively) with no difference between groups (bench press, $p = 0.168$; squat, $p = 0.312$ and total body lean mass, $p = 0.619$). Thus, our finding suggests that HFRT and LFRT are effective for improve muscle strength and muscle hypertrophy in well-trained men.

Key words: Training volume; Weight lifting; Strength training; Hypertrophy

26 INTRODUCTION

27 Resistance training (RT) results in muscle hypertrophy due to accumulation of protein
28 of each elevated rate of muscle protein synthesis that exceed that rate of muscle protein
29 breakdown after resistance exercise bout (8-9). The time course of increased muscle protein
30 synthesis after resistance exercise bout is shorter in well-trained subjects when compared
31 with untrained subjects, resulting in attenuated overall muscle protein synthesis responses (8-
32 9). Indeed, an attenuated rate of muscle growth following RT is observed in well-trained
33 subjects when compared with their untrained state (35). About 2/3 of muscle growth occurs
34 in first couple weeks (5, 35). It is assumed that the attenuated rate of muscle growth can be,
35 at least in part, due to adaptation of muscle to RT and therefore difficulty of providing a more
36 effective “stimulus” to increase muscle protein synthesis (2, 8-9). However, when an
37 appropriate progressive overload stimulus is applied, well-trained subjects can obtain
38 significant hypertrophic responses (2, 21, 27, 29). In this sense, manipulation of training
39 frequency (number of times a muscle group is trained over a week) has been proposed as
40 effective stimuli to increase muscle mass and strength in well-trained subjects (10, 31).

41 American College of Sports Medicine recommends for muscle hypertrophy that
42 untrained subjects should perform RT (load $\geq 70\%$ of 1RM, 6-12 repetitions per set) with 1-
43 3 sets per muscle group 2-3 times per week in a total body routine, while trained subjects
44 should perform RT with 3-6 sets per muscle group 4-6 times per week in a muscle group split
45 routine (individual muscle groups trained during a workout) (2). Although the training
46 frequency is greater in a split routine than total body routine, the number of times that a specific
47 muscle group is trained over a given period is lower and daily training volume is higher in a
48 split routine than total body routine. This enables individual to train with higher daily set
49 number (~16 sets per muscle group (14)), while also providing greater recovery (i.e. 3 – 7
50 days) of all involved muscle groups between sessions (2, 17). A high set number (multiple

51 sets, ≥ 3 sets per day, and load ≥ 70 % of 1RM) per muscle group may implicate in greater
52 muscle protein synthesis after resistance exercise bout (6) and consequently greater
53 hypertrophy after RT (2, 18, 28). Moreover, it has also been believed that intramuscular
54 metabolic stress promoted by high daily training volume (multiple sets per day) may enhance
55 the hypertrophic response (12-13, 26). Hence, a muscle group split routine has been an
56 approach widely accepted among competitive bodybuilders (14).

57 Recently, however, more attention has been given to effects of high-frequency
58 resistance training (HFRT) as an overload stimulus (10, 31, 33). The hypothetical effect of
59 HFRT on muscle hypertrophy has considered that more days of RT (i.e. more stimuli) per
60 week would result in a greater net-positive protein balance in week than low-frequency
61 resistance training (LFRT) (10). For instance, some studies have suggested that a low daily
62 set number (i.e. ≤ 3 sets) per muscle group is enough to achieve a maximum muscle anabolic
63 response (4, 10, 19-20, 24). Moreover, as a low daily set number allows a lesser recovery of
64 involved muscle groups between sessions, it is possible training more days per week (2, 10).
65 Thus, HFRT would result in more effective stimuli per week (i.e. more training days per
66 week) and, therefore, greater overall muscle protein synthesis and hypertrophy than LFRT
67 (10). However, there is very little empiric evidence to support that HFRT provides additional
68 stimuli to greater hypertrophic response compared to LFRT in well-trained subjects. To the
69 authors' knowledge, solely two studies (31, 33) conducted in well-trained subjects and using
70 accurate hypertrophic measure have compared muscular adaptations when the subjects
71 performed HFRT versus LFRT (volume-equated weekly distributed). In these studies, well-
72 trained subjects performed 8 weeks of RT (load between 70-80% 1 RM, 8-12 repetitions),
73 three times per week, in one of two conditions: LFRT (multiple exercises were performed for
74 a muscle group, one time per week) or HFRT (one exercise was performed per muscle group,
75 three time per week). One study reported similar improvements in lean mass and strength

76 between the conditions (33), whereas the other study reported a dose-response relationship
77 between RT frequency and muscular adaptations (muscle mass and strength gains) in solely
78 one muscle groups (elbow flexors thickness) from of three muscle assessed (elbow extensors
79 and flexors and vastus lateralis thickness) (31). These conflicting results confound the ability
80 to obtain conclusions specific (23) to training frequency (high vs. low) in well-trained
81 subjects. Thus, more studies with different experimental approach are required to better
82 explore the role of training frequency on muscular adaptations in well-trained subjects.

83 The aforementioned studies have compared a low daily training volume (i.e. 3 sets per
84 muscle group) in a three-day routine (i.e. HFRT) with a high daily training volume (9 sets per
85 muscle group) in a one-day routine (i.e. LFRT). This has been done to achieve a total
86 volume-equated HFRT vs. LFRT and avoid a possible confounder effect of total training
87 volume (e.g. per week) (31, 33). In theses studies, although there were more stimuli per week
88 with HFRT, muscle size and strength gains were similar between frequencies (one vs. three
89 days per week) in well-trained subjects, except to elbow flexors thickness gains (31, 33).
90 Thus, it would seem reasonable to assume that although occur more stimuli per week with a
91 three-day routine, three stimuli per week (three-day routine) were not sufficient to find
92 superiority of HFRT over LFRT (one-day routine) in well-trained subjects (10, 31, 33). Thus,
93 acknowledging that HFRT may be an important stimulus for promoting muscular adaptation,
94 more training days (stimuli) than three days per week seems be necessary for observing
95 superiority of HFRT over LFRT on muscle mass and strength in well-trained subjects (10).
96 To confirm this assumption, we investigated the impact of two different frequencies, HFRT
97 (muscle groups were trained 5 days per week) vs. LFRT (muscle groups were trained one day
98 per week), on muscle strength and size gains in well-trained men. The study aim was
99 investigated whether HFRT with low daily training volume is a more effective way than

100 LFRT with high daily training volume to increase muscle mass and strength in well-trained
 101 subjects.

102

103 METHODS

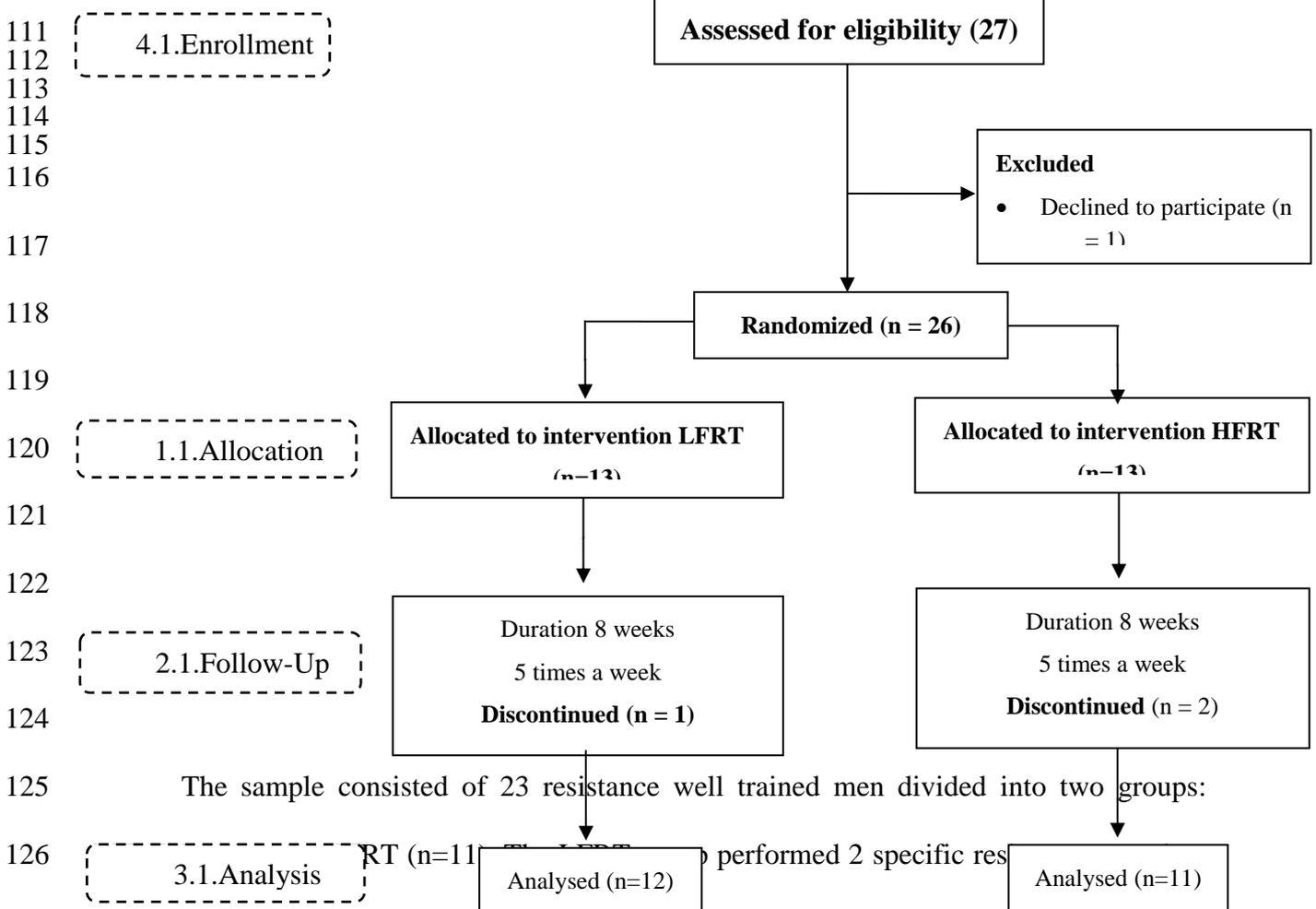
104 EXPERIMENTAL APPROACH TO THE PROBLEM

105 The experimental and randomized (Figure 1) study was performed over eight weeks.
 106 Muscle strength, body composition, and delayed muscle soreness were assessed at the
 107 baseline and at the end of study.

108

109 **Figure 1** – Participant Flow Diagram

110



125 The sample consisted of 23 resistance well trained men divided into two groups:
 126 LFRT (n=11) and HFRT (n=12). The LFRT group performed 2 specific res
 127 in each training session while the HFRT group performed all resistance exercises in each
 128 training session (Table 1).

129 The both groups performed two different five–day-a-week (Monday to Friday) and
130 volume-equated training routines (HFRT and LFRT). After the RT period (eight weeks), the
131 assessments were performed 72 hours after the last session of training to avoid residual
132 effects.

133 **Subjects**

134 The inclusion criteria consisted of well-trained men, aged between 18 to 32 years, with RT
135 practice at least for three years without interruption and a back squat/body weight ratio ≥ 1.5
136 and bench press/body weight ratio ≥ 1.0 (30). Also, absence of: myopathies, arthropathies,
137 neuropathies; muscle, thromboembolic and gastrointestinal disorders; cardiovascular and
138 infection diseases; non-drinker (no alcohol intake whatsoever in their diet), non-smoker, non-
139 upplements and non-pharmacologica substances (e.g. anabolic steroids) or any illegal agents
140 for muscle growth at least one year.

141 All volunteers were clear on the objectives and procedures of the study and gave us
142 their written informed consent. The study (n° 1697) was approved by the University Review
143 Board for the Use of Human Subjects (local Ethics Committee) and was written in
144 accordance with the standards set by the Declaration of Helsinki.

145

146

147

148 **TABLE 1. Training protocol**

GROUPS	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY
	<u>Sets</u>	<u>Sets</u>	<u>Sets</u>	<u>Sets</u>	<u>Sets</u>
LFRT	Bench press 10 Skullcrusher 5	Squat 5 Leg press 45° 5	Seated row 10 Barbell curl 5	Hamstring curl 10 Calf standing 5	Lateral Raises 5 Abdominal crunch solo 10 Lower back bench 10
HFRT	Leg press 1 Squat 1 Bench press 2 Seated row 2 Hamstring curl 2 Barbell curl 1 Skullcrusher 1 Lateral Raises 1 Calf standing 2 Abdominal crunch solo 2 Lower back bench 2	Bench press 2 Seated row 2 Leg press 1 Squat 1 Hamstring curl 2 Barbell curl 1 Skullcrusher 1 Lateral Raises 1 Calf standing 2 Abdominal crunch solo 2 Lower back bench 2	Hamstring curl 2 Bench press 2 Seated row 2 Leg press 1 Squat 2 Barbell curl 1 Skullcrusher 1 Lateral Raises 1 Calf standing 2 Abdominal crunch solo 2 Lower back bench 2	Lateral raises 2 Skullcrusher 2 Barbell curl 2 Squat 1 Seated row 1 Bench press 1 Hamstring curl 1 Calf standing 2 Abdominal crunch solo 2 Lower back bench 2	Calf standing 2 Abdominal crunch solo 2 Lower back bench 2 Calf standing 2 Hamstring curl 2 Barbell curl 1 Skullcrusher 1 Lateral Raises 1 Leg press 1 Squat 2 Bench press 2

149 **LFRT** - low frequency resistance training, **HFRT** - High frequency resistance training

150 **NUTRITIONAL ASSESSMENTS**

151 All volunteers underwent a three-day food record (two days in the middle of week and
152 one at the weekend) (34), which (the three-day food record) was collected twice during the
153 study, at first and at last training weeks. Energy and macronutrients (carbohydrates, proteins
154 and fat) were quantified by a nutritionist who used the software “DietSmart Professional”
155 version 7.7. Macronutrients data were corrected for body weight to reduce the inter-
156 individual differences.

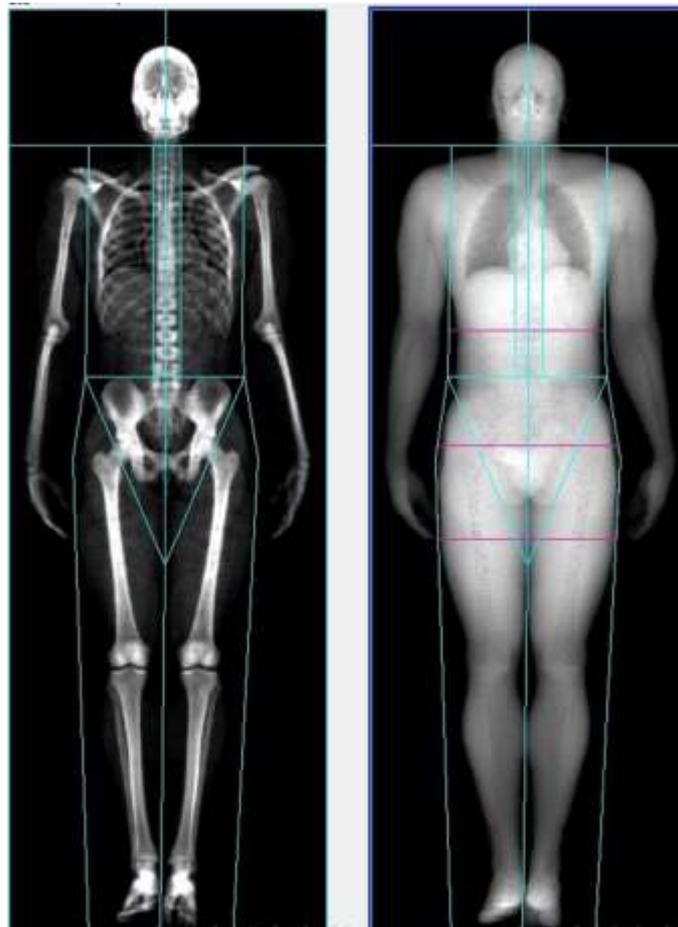
157 To maximize muscle anabolic response, all volunteers consumed 30 g of a nutritional
158 supplement (Whey Protein Super Bland concentrate, Spartacus Nutrition, São Paulo-Brazil)
159 containing 24 g of whey protein and 6.4 g of carbohydrate immediately after all training
160 sessions (3).

161

162 **BODY COMPOSITION ASSESSMENTS**

163 Total-body dual-energy x-ray absorptiometry (DXA) was performed using a
164 densitometer plus scanner (GE / Lunar iDXA Corp., Madison, WI, EUA). To minimize
165 interobserver variations, all scans and analyses were performed by the same evaluator at the
166 same time of the day, and the day-to-day percent coefficient of variation was 0.5% for the
167 bone-free lean mass and fat mass. Patients were instructed to remove metal objects (e.g.,
168 snaps, belts, underwire bras, jewelry) and their shoes and were dressed with light only in a
169 light clothes. Body composition was analyzed using the softwerer enCORE 14.0 (GE / Lunar
170 iDXA Corp., Madison, WI, EUA) for total body. The software enCORE 14.0 automatically
171 estimates the results of fat-free mass of the total body and the region of the arms, trunk,
172 android, gynoid and legs. The arm region was defined as the region extending from the head
173 of the humerus to the distal tip of the fingers (reference point was set at the glenoid fossa).
174 The trunk region included the neck, chest, abdominal and pelvic areas. The leg region

175 includes all of the área below the lines that form the lower borders of the trunk. The android
176 region was the area between the ribs and the pelvis. The upper demarcation was at 20% of the
177 distance between the iliac crest and the lower neck and demarcation was at the top of the
178 pelvis. The gynoid region includes the hips and upper thighs and the upper demarcation was
179 below the top of the iliac crest at a distance of 1.5 times the height of the android (Figure 2).
180 The upper trunk was defined as the trunk region minus android region. More details on the
181 analysis of regional body composition were described in other studies. (32). The muscle mass
182 index (MMI) was calculated dividing the appendicular muscle mass (fat-free mass of arms
183 and legs) by height squared.



184

185 **Figure 2** Sample of the DXA scan showing the regional demarcations of the body, generated
186 by enCORE software.

187 **MAXIMUM STRENGTH ASSESSMENT**

188 The lower and upper body strength was quantified by the 1RM test, which consisted
189 of the maximum load that an individual could lift during the exercises. Before the 1 RM test,
190 all volunteers reported no exercise other than activities of daily living for at least 72 hours.
191 The 1 RM test was according with recognized guidelines as established by the American
192 College Assessment Manual (1). The subjects performed a specific warm-up prior to testing
193 consisting of loads corresponding ~ 50% of the 1RM and 5–10 repetitions were performed.
194 After the warm-up, the volunteers were allowed to rest for 1 minute. Afterwards, 3–5
195 repetitions were performed and the load was increased between 60 to 80% of 1RM. After
196 doing this exercise, the volunteers rested for three minutes. Then, the load was increased
197 considerably as close as possible to the individual's maximum capacity, and the volunteers
198 attempted to perform the movement. When the load was overestimated or underestimated, the
199 volunteers rested 3 to 5 min before they attempted it again with a lower or higher load,
200 respectively. This procedure was followed to find the equivalent load of one repetition
201 maximum, which ranged between three and five attempts. The load that was adopted as the
202 maximum load was the one used for the last part of the exercise that was performed with no
203 more than one repetition by the volunteer. At study end only the 1RM of the back squat and
204 the bench press exercises were reassessed and it was used to determine muscle strength gains.
205 The 1RM back squat was conducted prior to 1RM bench press with a 20 minute rest period
206 separating tests (31). The same qualified fitness professional supervised all 1RM tests.

207

208 **DELAYED ONSET MUSCLE SORENESS**

209 A visual numeric pain rating scale was used to detect delayed onset muscle soreness
210 (DOMS) as recommended by The National Initiative on Pain Control (22). All volunteers
211 self-reported the subjective delayed muscle soreness (scale 0-10) according to the body

212 segments (chest, elbow flexors, elbow extensors, thigh and calf) the day after (24 hours) the
213 first and the last RT session.

214

215 **RESISTANCE TRAINING PROTOCOL**

216 A five-day-a-week (Monday to Friday) regime of the RT protocol (Table 1) was
217 performed over eight weeks. Both groups performed two different volume-equated training
218 routines (HFRT and LFRT). Both groups performed 10 sets (except skullcrusher and barbell
219 curl, which performed 5 sets) per exercise, 8-12 repetition maximums with 70-80 % of 1RM
220 per set and 90 seconds rest recovery between sets and exercise in training week. However,
221 the LFRT group performed 2 specific resistance exercises in each training session while the
222 HFRT group performed all resistance exercises in each training session (Table 1). The LFRT
223 group performed the RT (length time ~31 min) divided according to the body segments:
224 Monday – chest and elbow extensors, Tuesday – knee extensors and hip extensors and
225 flexors, Wednesday – dorsal and elbow flexors, Thursday – knee flexors and plantar flexors
226 and Friday – shoulder and core. The HFRT group performed the RT (length time ~32 min) to
227 all body segments: Monday to Friday – chest, elbow extensors, knee extensors, hip extensors
228 and flexors, dorsal, elbow flexors, knee flexors, plantar flexors, shoulder and core (Table 1).
229 The exercises performed were leg press, squat, bench press, seated row, hamstring curl,
230 barbell curl, skullcrusher, lateral raises, calf standing, abdominal crunch solo, lower back
231 bench. A warm up session (one set of 15 repetitions) with ~ 50% of 1RM was done in each
232 exercise before each RT session. At the end of the RT sessions, stretching exercises were
233 done so that participants could cool down. During the RT intervention, if the volunteer could
234 perform more than 12 repetitions in the first set of each exercise the load was adjusted
235 between 5-10 % to ensure the zone repetitions between 8-12 reps and keep the relative load
236 of 70-80% of 1RM and the progressive overload.

237

238 **STATISTICAL ANALYSES**

239 Data distribution was assessed by D'Agostino-Pearson test. The data are presented by
 240 mean and standard deviation or confidence interval of 95% (delta values). For participant's
 241 age and experience, the data are presented by median and inter-quartile interval. Student's
 242 independent t-test (continuous data) or Mann – Whitney test (discrete data) was used to
 243 compare the baseline characteristics between HFRT and LFRT groups. The Levene test was
 244 used to determine equality of variances at baseline. The Mauchley test was used to evaluate
 245 the sphericity. Repeated measure ANOVA was used to determine the effects of group (LFRT
 246 and HFRT), time (pre and post), and interaction of time by group. When an F-test was
 247 significant, effect size (partial eta-squared) and observed power was performed to verify the
 248 statistical power of the analysis. Student's independent t-test was used to compare the
 249 difference in training volume (at weeks 1, 4, 8 and sum of the 8 weeks, for exercise and all
 250 exercises). The statistical significance was considered at $P < 0.05$.

251

252 **RESULTS**

253 There was no difference between the groups for participant characteristics at baseline
 254 (Table 2).

255

256

257

258

259 **TABLE 2.** Participant characteristics at baseline

LFRT - low frequency resistance training, **HFTR** - High frequency resistance training, **1RM** – One repetition maximum **IMM** - muscle mass index,

#Test-t (accept Normality - Mean \pm SD)

† Mann – Whitney Test reject normality – Mean (P₂₅ – P₇₅)

* Significant differences between groups $P < 0.05$

VARIABLE	LFRT n=12	HFTR n=11	P
Age (years)	25.5 (24.0 – 26.5)	27.1 (25.0 – 28.7)	0.267 †
Body Weight (kg)	78.2 ± 9.8	78.8 ± 9.9	0.899 #
Height (cm)	174 ± 5.2	176.8 ± 4.1	0.173 #
Experience (years)	6 (4.5 – 7.0)	7 (6 – 8)	0.131 #
1RM squat (kg)	132.9 ± 28.1	123.3 ± 17.5	0.344 #
1RM squat/body weight (kg)	1.7 ± 0.3	1.6 ± 0.2	0.285 #
1RM bench press (kg)	103.5 ± 15.4	100.6 ± 14.5	0.652 #
1RM bench/body weight (kg)	1.3 ± 0.1	1.3 ± 0.2	0.567 #
Muscle mass Index (kg/m ²)	9.9 ± 1.2	9.7 ± 0.9	0.624 #
Total fat free mass (kg)	61.1 ± 8.4	62.1 ± 4.4	0.722 #
Fat mass (%)	19.2 ± 6.1	16.5 ± 5.8	0.294 #
Total fat mass (kg)	14.4 ± 4.7	13.4 ± 6.2	0.722 #

260
261
262

Adherences to the HFRT and the LFRT were 98% and 97%, respectively. There were no differences in dietary measure (carbohydrate, protein, fat, and energy) either within- or between-subjects over the course of the study (Table 3).

265 **TABLE 3.** Dietary intake following 8-week resistance training period

	LFRT pré	LFRT post	HFRT pré	HFRT post	P groups	P moment	P interaction
Protein (g)	150.6 ± 20.0	152.1 ± 17.4	150.1 ± 18.7	151.4 ± 15.8	0.979	0.640	0.838
Carbohydrate (g)	263.9 ± 23.7	270.5 ± 27.7	264.6 ± 20.3	270.2 ± 29.2	0.983	0.342	0.918
Fat (g)	86.2 ± 12.9	88.1 ± 12.8	87.8 ± 15.4	87.7 ± 12.3	0.906	0.698	0.683
Energy (kcal)	2434.6 ± 244.9	2483.4 ± 258.8	2452.5 ± 255.7	2476.4 ± 256.1	0.957	0.265	0.703

266 **LFRT** – low frequency resistance training, **HFTR** – High frequency resistance training.
267 Data presented in mean and standard deviation (±SD)

268 The changes in fat-free mass (total, trunk, gynoid, leg and MMI) and muscle strength
269 (bench press and squat) and muscle soreness (DOMS) after 8 weeks of intervention (pre vs.
270 post) were statistically compared and interpreted. The LFRT showed higher DOMS than
271 HFRT at beginning, middle and end of study (Table 4).

272 **TABLE 4.** Daley onset muscle soreness

MUSCLE GROUP	WEEK 1		WEEK 4		WEEK 8	
	LFRT	HFRT	LFRT	HFRT	LFRT	HFRT

CHEST	7.0 (4.0 – 7.5)	0.8 (0.0 – 3.0)*	5.5 (4.0 – 7.5)	0.0 (0.0 – 0.5)*	5.0 (4.5 – 7.0)	0.0 (0.0 – 0.5)*
ELBOW FLEXORS	4.5 (3.0 – 6.0)	0.2 (0.0 – 3.0)*	4.5 (3.0 – 5.0)	0.0 (0.0 – 1.5)*	3.5 (3.0 – 5.0)	0.0 (0.0 – 0.8)*
ELBOW EXTENSORS	5.0 (1.5 – 7.5)	0.0 (0.0 – 2.0)*	3.5 (2.5 – 6.5)	0.0 (0.0 – 0.0)*	4.0 (3.5 – 5.0)	0.0 (0.0 – 0.0)*
THIGH	8.0 (9.0 – 0.0)	2.0 (0.6 – 3.5)*	7.5 (5.5 – 8.0)	0.0 (0.0 – 0.6)*	7.0 (4.5 – 8.0)	0.5 (0.0 – 4.5)*
CALF	8.0 (7.0 – 9.5)	1.0 (0.0 – 3.0)*	4.5 (2.0 – 6.5)	0.0 (0.0 – 0.0)*	5.5 (1.5 – 7.0)	0.0 (0.0 – 1.0)*

273 **LFRT** – low frequency resistance training, **HFRT** – High frequency resistance training,

274 Data are show in Mean (P₂₅ – P₇₅)

275 *Significant difference between groups (P<0.001).

276

277 The HFRT showed higher total volume than LFRT at beginning, middle and end of study
 278 (Table 5). There were significant (P < 0.05) effects for time in fat-free mass (total, trunk,
 279 gynoid, leg and MMI) and muscle strength (bench press and squat), indicating that both the
 280 interventions increase fat-free mass and muscle strength. There was no significant interaction
 281 (time vs. groups) in fat-free mass and muscle strength, indicating that the responses were
 282 similar between the interventions (Table 6).

283

284

285

286

287

288

289 **TABLE 5. Weekly volume load by muscle group (kgs)**

Exercise	Groups	Week 1	Week 4	Week 8	Sum week 1 to 8
Barbell curl	LFRT	1428.7 ± 223.7	1546.3 ± 189.8	1568.7 ± 293.6	12135.6 ± 1733.1
	HFRT	1856.1 ± 3141.0*	2029.1 ± 234.9*	2068.4 ± 273.3*	16007.8 ± 1942.2*
	Δ%	23.0	23.8	24.1	24.1
Skullcrusher	LFRT	1512.6 ± 202.3	1535.6 ± 251.7	1650.0 ± 331.0	12380.4 ± 1666.7
	HFRT	1740.6 ± 377.0	1970.0 ± 348.6*	1909.1 ± 505.7*	15139.6 ± 2425.7*
	Δ%	13.1	22.0	13.5	18.2

Lateral Raise	LFRT	1230.5 ± 312.8	1324.1 ± 329.0	1381.3 ± 319.4	10298.5 ± 2832.1
	HFRT	1350.5 ± 248.0	1522.9 ± 295.1	1546.9 ± 292.2	18880.0 ± 24789.7
	Δ%	8.8	13.0	10.7	12.7
Bench press	LFRT	6472.0 ± 1066.1	6628.6 ± 938.7	6733.1 ± 1064.0	52705.9 ± 7654.8
	HFRT	8014.7 ± 1321.7*	8972.6 ± 1428.6*	8639.6 ± 1089.1*	66460.2 ± 9491.7*
	Δ%	19.2	26.1	22.0	20.7
Seated row	LFRT	5948.7 ± 1006.8	6306.2 ± 838.2	6392.1 ± 1088.7	50010.4 ± 7848.8
	HFRT	6773.6 ± 909.2	7549.2 ± 814.4*	7556.3 ± 817.8*	58803.0 ± 11329.1*
	Δ%	12.1	16.4	15.4	14.9
Squat	LFRT	3739.3 ± 781.5	4091.0 ± 871.9	4344.0 ± 879.0	33263.5 ± 7587.5
	HFRT	4532.7 ± 454.4*	5319.8 ± 531.1*	5193.4 ± 1395.24	38558.1 ± 5617.9
	Δ%	17.5	23.1	16.3	13.7
Leg press 45°	LFRT	10290.0 ± 1251.8	10954.5 ± 1069.3	11257.5 ± 1683.4	84985.0 ± 11589.0
	HFRT	10853.3 ± 1681.0	12061.6 ± 1929.9	12910.0 ± 2180.2	93307.1 ± 16591.4
	Δ%	5.1	9.1	12.8	8.9
Hamstring curl	LFRT	3308.2 ± 531.9	3722.8 ± 518.2	3753.7 ± 633.4	28701.9 ± 3920.5
	HFRT	4247.2 ± 732.2*	4695.18 ± 593.4*	5082.6 ± 568.8*	37251.4 ± 4071.9*
	Δ%	22.1	20.7	26.1	22.9
Calf standing	LFRT	6497.5 ± 2045.7	8450.8 ± 2816.6	9312.5 ± 1954.0	68762.1 ± 13908.4
	HFRT	7649.2 ± 1378.2	9393.2 ± 1613.4	9797.4 ± 1403.3	70122.7 ± 11657.5
	Δ%	15.0	10.0	4.9	11.7
Total Volume	LFRT	41168.5 ± 4067.8	45664.9 ± 6594.9	46910.1 ± 7164.9	353243.5 ± 42255.3
	HFRT	46644.5 ± 4920.0*	52985.1 ± 3661.6*	53194.0 ± 4659.6*	410652.9 ± 51940.5*
	Δ%	11.7	13.8	11.8	13.9

290 **HFRT** – high frequency resistance training, **LFRT** – low frequency resistance training, Δ % - post value minus
 291 baseline value/ baseline value. Data presented in mean and standard deviation (\pm SD)

292 *Significant difference between groups ($P < 0.05$).

293 **TABLE 6.** Body composition and muscles strength following 8-week resistance training period

VARIABLE	LFRT Pré	LFRT post	Δ LFTR	HFRT pré	HFRT post	Δ HFRT	$\Delta_{\text{HFRT}}-\Delta_{\text{LFRT}}$	P groups	P moment	ETA	Power	P interaction
FFM total (kg)	61.1 ± 8.4	61.7 ± 8.2	0.5 (-0.0 – 1.1)	62.2 ± 4.4	62.9 ± 4.2	0.8 (-0.0 – 1.6)	0.2 (-0.7 – 1.2)	0.689	0.007	0.30	0.82	0.619
FFM trunk (kg)	27.7 ± 4.2	27.8 ± 4.0	0.1 (-0.2 – 0.5)	28.3 ± 1.4	28.9 ± 1.3	0.5 (-0.1 – 1.0)	0.3 (-0.3 – 0.9)	0.521	0.067	0.16	0.48	0.301
FFM android (kg)	3.9 ± 0.5	3.9 ± 0.6	-0.0 (-0.1 – 0.1)	4.0 ± 0.3	4.0 ± 0.2	0.0 (-0.1 – 0.1)	0.1 (-0.1 – 0.1)	0.761	0.961	0.00	0.05	0.639
FFM upper trunk (kg)	23.7 ± 3.6	23.8 ± 3.5	0.1 (-0.2 – 0.5)	24.3 ± 1.3	24.8 ± 1.3	0.4 (-0.0 – 0.8)	0.2 (-0.3 – 0.8)	0.493	0.045	0.19	0.55	0.292
FFM gynoid (kg)	9.5 ± 1.3	9.7 ± 1.5	0.2 (0.1 – 0.4)	9.6 ± 0.7	9.9 ± 0.7	0.3 (0.2 – 0.4)	0.1 (-0.1 – 0.2)	0.790	<0.001	0.63	1.00	0.586
FFM leg (kg)	20.6 ± 2.7	21.1 ± 2.9	0.4 (0.2 – 0.7)	20.7 ± 2.5	21.1 ± 2.3	0.4 (0.0 – 0.7)	-0.1 (-0.5 – 0.3)	0.944	<0.001	0.47	0.98	0.671
FFM arm (kg)	9.4 ± 1.6	9.3 ± 1.6	0.0 (-0.2 – 0.2)	9.5 ± 1.0	9.5 ± 1.1	0.0 (-0.2 – 0.2)	0.0 (-0.3 – 0.3)	0.787	0.710	0.00	0.05	0.890
MMI (kg.m²)	9.9 ± 1.2	10.0 ± 1.2	0.1 (0.1 – 0.2)	97.7 ± 0.9	9.8 ± 0.8	0.1 (-0.0 – 0.2)	-0.1 (-0.2 – 0.1)	0.607	0.010	0.28	0.77	0.842
1RM squat (kg)	132.9 ± 28.0	140.9 ± 25.5	8.0 (2.7 – 13.2)	123.3 ± 17.5	135.3 ± 22.2	12.0 (5.1 – 18.1)	4.0 (-4.0 – 12.0)	0.448	<0.001	0.58	1.00	0.312
1RM bench press (kg)	103.5 ± 15.4	109.1 ± 18.5	5.6 (1.9 – 9.4)	100.6 ± 14.5	110.3 ± 12.1	9.7 (4.6 – 14.9)	4.1 (-1.8 – 9.9)	0.896	<0.001	0.56	1.00	0.168

294 **HFRT** – high frequency resistance training, **LFRT** – low frequency resistance training, **FFM** – fat free mass, **FFM-upper trunk** – trunk minus android,
 295 **MMI** – muscle mass index, **1RM** – one maximum repetition, Δ (**delta**) – post value minus baseline value, $\Delta_{\text{HFRT}}-\Delta_{\text{LFRT}}$ – Difference between delta HFRT and
 296 delta LFRT. Data presented in mean and standard deviation (\pm SD) and 95% Confidence interval for mean.

297 *Significant difference between groups (P<0.05).

298 DISCUSSION

299 This study examined changes in muscle mass and maximal strength after an 8-weeks
300 RT in different frequencies, LFRT and HFRT, in well-trained subjects. Our results showed
301 that 8 weeks of a HFRT (five days a week) increase muscle mass and strength similarly to
302 LFRT (one day a week) in well-trained subjects. Thus, HFRT is not more effective than
303 LFRT to increase muscle mass and strength in well-trained subjects.

304 The few studies concerning the RT frequency effect on muscle mass and strength in
305 well-trained subjects have been limited to a three-day frequency as HFRT (31, 33).
306 Evidences of different configurations of RT frequency are important to confirm the previous
307 findings or to bring new insight on RT frequency and muscle mass and strength gains
308 interaction (10). Hence, we investigated the impact of two different frequencies, HFRT with
309 five days a week vs. LFRT with one day a week, on muscle strength and size gains in well-
310 trained men. Even using higher frequency than those studies (five-time vs. three-time per
311 week), we also did not observe significant differences between groups (HFRT and LFRT) for
312 gains in total muscle mass, leg muscle, hip muscle, upper-trunk muscle, MMI and bench
313 press and squat strength. Our results are congruent with those of Thomas and Burns (2016),
314 who also showed hypertrophy and strength gains following RT independently of training
315 frequency in well-trained subjects (33). In addition, our findings are also supported by other
316 studies that examined changes in muscle mass and strength after different RT frequencies in
317 untrained (7) and older (11) subjects. Also, in a pilot study, Ribeiro et al. (2015) showed that
318 four weeks of a RT of four-days (n=5) and six-days frequencies promote similar increases in
319 muscle mass and strength in elite bodybuilders (25). In contrast, a study has reported
320 superiority of HFRT when compared to LFRT (31). However, in this study the researchers
321 measured three muscles and reported that HFRT was superior in forearm flexor hypertrophy
322 but did not to forearm extensors and vastus lateralis (hypertrophic responses were similar

323 between HFRT and LFRT). Therefore, it seems that independently of days per week used,
324 different frequencies (with volume equalized) respond in a positive and similar fashion
325 regarding changes in muscle mass and strength in well-trained subjects.

326 It has been well evidenced that high RT set number per week produces greater
327 hypertrophy gains (18, 28), especially in well-trained subjects (2, 14). In a systematic review
328 and meta-analysis, Schoenfeld et al. (2017) have shown that greater muscle hypertrophy is
329 achieved by performing at least 10 sets per week per muscle group (28). In current study,
330 both groups performed 10 sets per week per muscle group. Our finding showed that 10 sets
331 distributed in week (HFRT; five days a week, two set per day) increase muscle mass and
332 strength similarly to 10 sets performed in one day a week (LFRT one day a week, 10 set per
333 day) in well-trained subjects. This findings suggest that the optimal total set number per week
334 (i.e. 10 sets number), but not the distribution of total volume on week, is important to muscle
335 mass and strength gains in well-trained subjects. Therefore, when an optimal set number (i.e.
336 optimal training volume) is achieved, HFRT is not superior to LFRT in muscle size and
337 strength gains in well-trained subjects. Thus, given an optimal training volume, HFRT and
338 LFRT may be similar overload strategies for promoting muscular adaptation in well-trained
339 subjects.

340 We observed that the LFRT group showed higher DOMS than HFRT at beginning,
341 middle and end of study (Table 4). DOMS has been associated to exercise-induced muscular
342 damage (16). Muscular damage has been attributed to mechanical stimulus (i.e. eccentric
343 contraction), however, metabolic stimuli (i.e. ischaemia or hypoxia) may exacerbate the
344 damage from eccentric contractions (16). Although the LFRT and HFRT were performed
345 with similar loads (at 70% of 1RM), the higher daily volume (e.g. metabolic stimuli)
346 observed in LFRT may have contributed to higher DOMS (16). However, although LFRT
347 provoked higher DOMS levels than HFRT, there was no difference between groups for

348 muscle mass and strength gains. Thus, HFRT may be an alternative strategy to LFRT in order
349 to increase their muscle mass and strength without provoking DOMS in well-trained subjects.

350 It has been reported a dose-response relationship between RT set number per muscle
351 group per week and hypertrophy (28). It has also been reported that a high daily set number
352 per muscle group induces a lower repetition number in subsequent sets after first sets, leading
353 to lower total volume per muscle group per week (15). Therefore, it seems reasonable to
354 assume that a RT with high daily set number per muscle group and low frequency (LFRT)
355 would promote a lower total volume per muscle group per week and lesser muscle mass
356 gains than RT with low daily set number per muscle group and high frequency (HFRT).
357 Indeed, in present study the LFRT group performed a lower total volume (-13.9%; Table 5)
358 than the HFRT group. This represented a small reduction of ~1.4 set per week in the LFRT
359 group when compared to HFRT group. However, there was no significant difference between
360 the groups in muscle mass and strength gains. These data suggest that the reduced total set
361 number per week observed in the LFRT was not sufficient to impair muscle mass and
362 strength gains in well-trained subjects when compared to HFRT. Indeed, a small reduction
363 from 10 sets in RT (an optimal total set number per week (28)) does not provoke great
364 reduction in hypertrophic gains. In a systematic review and meta-analysis, Schoenfeld et al.
365 (2017) showed that each set per week represents solely a very small change in muscle size
366 of 0.37% (28).

367 Although DXA is a precise and accurate method to identify muscle mass change, this
368 method does not perform a direct hypertrophic measure and does not identify very small
369 differences (i.e. 0.37% (28)). Therefore, the lack of sensitivity of the method to evaluate
370 small changes in muscle mass may be a limitation of the current study. However, although a
371 very small difference (i.e. 0.37% (28)) in muscle mass gains may be present in this study, it
372 does not seem to justify the choice of the HFRT.

373 In conclusion, our results showed that 10 set at 70% of 1 RM distributed in week
374 (HFRT; five days a week, two set per day) increased muscle mass and strength similarly to
375 10 sets performed in one day a week (LFRT one day a week, 10 set per day) in well-trained
376 subjects. Therefore, our findings suggest optimal set number (i.e. optimal training volume)
377 per week, instead of training frequency, is an important “stimulus” to promote muscle mass
378 and strength gains in well-trained subjects. In this sense, given an optimal training volume,
379 HFRT and LFRT are similar overload strategies for promoting muscular adaptation in well-
380 trained subjects.

381

382 **PRACTICAL APPLICATIONS**

383 Our results suggest that HFRT and LFRT are similar overload strategies for
384 promoting muscular adaptation in well-trained subjects. This allows a greater possibility of
385 manipulation of training frequency without reducing the performance in muscle strength and
386 mass gains. In addition, the LFRT group showed higher DOMS than HFRT group during the
387 study. Thus, HFRT may be an alternative strategy to LFRT in order to increase their muscle
388 mass and strength without DOMS in well-trained subjects.

389

390 **ACKNOWLEDGEMENTS:**

391 *This investigation was supported by Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de*
392 *Minas Gerais – FAPEMIG and by Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível*
393 *Superior – CAPES. The authors gratefully acknowledge the contributions of Jefferson*
394 *Fernandes de Sousa for supervising the training sessions throughout the study and And João*
395 *Vitor Borges Mercaldi for funding part of whey protein supplementation.*

396

397

398 REFERENCES

- 399 1. American College of Sports M. *Acsm's health-related physical fitness assessment*
400 *manual*. Philadelphia, PA, USA: Lippincott, Williams & Wilkins, Inc., USA., 2005.
- 401 2. American College of Sports M. American College of Sports Medicine position stand.
402 Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and science in*
403 *sports and exercise* 41: 687-708, 2009.
- 404 3. Aragon AA and Schoenfeld BJ. Nutrient timing revisited: is there a post-exercise
405 anabolic window? *Journal of the international society of sports nutrition* 10: 1, 2013.
- 406 4. Barcelos LC, Nunes PR, de Souza LR, de Oliveira AA, Furlanetto R, Marocolo M,
407 and Orsatti FL. Low-load resistance training promotes muscular adaptation regardless
408 of vascular occlusion, load, or volume. *Eur J Appl Physiol* 115: 1559-1568, 2015.
- 409 5. Brook MS, Wilkinson DJ, Mitchell WK, Lund JN, Szewczyk NJ, Greenhaff PL,
410 Smith K, and Atherton PJ. Skeletal muscle hypertrophy adaptations predominate in
411 the early stages of resistance exercise training, matching deuterium oxide-derived
412 measures of muscle protein synthesis and mechanistic target of rapamycin complex 1
413 signaling. *The FASEB Journal* 29: 4485-4496, 2015.
- 414 6. Burd NA, Holwerda AM, Selby KC, West DW, Staples AW, Cain NE, Cashaback
415 JG, Potvin JR, Baker SK, and Phillips SM. Resistance exercise volume affects
416 myofibrillar protein synthesis and anabolic signalling molecule phosphorylation in
417 young men. *J Physiol* 588: 3119-3130, 2010.
- 418 7. Candow DG and Burke DG. Effect of short-term equal-volume resistance training
419 with different workout frequency on muscle mass and strength in untrained men and
420 women. *J Strength Cond Res* 21: 204-207, 2007.
- 421 8. Damas F, Phillips S, Vechin FC, and Ugrinowitsch C. A review of resistance training-
422 induced changes in skeletal muscle protein synthesis and their contribution to
423 hypertrophy. *Sports medicine* 45: 801-807, 2015.
- 424 9. Damas F, Phillips SM, Libardi CA, Vechin FC, Lixandrao ME, Jannig PR, Costa LA,
425 Bacurau AV, Snijders T, Parise G, Tricoli V, Roschel H, and Ugrinowitsch C.
426 Resistance training-induced changes in integrated myofibrillar protein synthesis are
427 related to hypertrophy only after attenuation of muscle damage. *The Journal of*
428 *physiology*, 2016.
- 429 10. Dankel SJ, Mattocks KT, Jessee MB, Buckner SL, Mouser JG, Counts BR,
430 Laurentino GC, and Loenneke JP. Frequency: The Overlooked Resistance Training
431 Variable for Inducing Muscle Hypertrophy? *Sports Med*, 2016.
- 432 11. DiFrancisco-Donoghue J, Werner W, and Douris PC. Comparison of once-weekly
433 and twice-weekly strength training in older adults. *Br J Sports Med* 41: 19-22, 2007.
- 434 12. Goto K, Ishii N, Kizuka T, and Takamatsu K. The impact of metabolic stress on
435 hormonal responses and muscular adaptations. *Med Sci Sports Exerc* 37: 955-963,
436 2005.
- 437 13. Gotshalk LA, Loebel CC, Nindl BC, Putukian M, Sebastianelli WJ, Newton RU,
438 Hakkinen K, and Kraemer WJ. Hormonal responses of multiset versus single-set
439 heavy-resistance exercise protocols. *Can J Appl Physiol* 22: 244-255, 1997.
- 440 14. Hackett DA, Johnson NA, and Chow CM. Training practices and ergogenic aids used
441 by male bodybuilders. *J Strength Cond Res* 27: 1609-1617, 2013.
- 442 15. Hackett DA, Johnson NA, Halaki M, and Chow C-M. A novel scale to assess
443 resistance-exercise effort. *Journal of Sports Sciences* 30: 1405-1413, 2012.
- 444 16. Howatson G and van Someren KA. The prevention and treatment of exercise-induced
445 muscle damage. *Sports Med* 38: 483-503, 2008.

- 446 17. Kerksick CM, Wilborn CD, Campbell BI, Roberts MD, Rasmussen CJ, Greenwood
447 M, and Kreider RB. Early-phase adaptations to a split-body, linear periodization
448 resistance training program in college-aged and middle-aged men. *J Strength Cond*
449 *Res* 23: 962-971, 2009.
- 450 18. Krieger JW. Single vs. multiple sets of resistance exercise for muscle hypertrophy: a
451 meta-analysis. *Journal of strength and conditioning research / National Strength &*
452 *Conditioning Association* 24: 1150-1159, 2010.
- 453 19. Kumar V, Atherton PJ, Selby A, Rankin D, Williams J, Smith K, Hiscock N, and
454 Rennie MJ. Muscle protein synthetic responses to exercise: effects of age, volume,
455 and intensity. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical*
456 *Sciences*, 2012.
- 457 20. Kumar V, Selby A, Rankin D, Patel R, Atherton P, Hildebrandt W, Williams J, Smith
458 K, Seynnes O, Hiscock N, and Rennie MJ. Age-related differences in the dose-
459 response relationship of muscle protein synthesis to resistance exercise in young and
460 old men. *J Physiol* 587: 211-217, 2009.
- 461 21. Mangine GT, Hoffman JR, Gonzalez AM, Townsend JR, Wells AJ, Jajtner AR, Beyer
462 KS, Boone CH, Miramonti AA, Wang R, LaMonica MB, Fukuda DH, Ratamess NA,
463 and Stout JR. The effect of training volume and intensity on improvements in
464 muscular strength and size in resistance-trained men. *Physiol Rep* 3, 2015.
- 465 22. McCaffery M and Pasero C. Pain. Clinical manual. St Louis: Mosby. Inc, 1999.
- 466 23. Nissen SB, Magidson T, Gross K, and Bergstrom CT. Publication bias and the
467 canonization of false facts. *eLife* 5, 2016.
- 468 24. Ostrowski KJ, Wilson GJ, Weatherby R, Murphy PW, and Lyttle AD. The Effect of
469 Weight Training Volume on Hormonal Output and Muscular Size and Function. *The*
470 *Journal of Strength & Conditioning Research* 11: 148-154, 1997.
- 471 25. Ribeiro AS, Schoenfeld BJ, Silva DR, Pina FL, Guariglia DA, Porto M, Maesta N,
472 Burini RC, and Cyrino ES. Effect of Two- Versus Three-Way Split Resistance
473 Training Routines on Body Composition and Muscular Strength in Bodybuilders: A
474 Pilot Study. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 25: 559-565, 2015.
- 475 26. Schoenfeld BJ. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to
476 resistance training. *J Strength Cond Res* 24: 2857-2872, 2010.
- 477 27. Schoenfeld BJ, Ogborn D, and Krieger JW. Dose-response relationship between
478 weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review
479 and meta-analysis. *Journal of sports sciences*: 1-10, 2016.
- 480 28. Schoenfeld BJ, Ogborn D, and Krieger JW. Dose-response relationship between
481 weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review
482 and meta-analysis. *J Sports Sci* 35: 1073-1082, 2017.
- 483 29. Schoenfeld BJ, Peterson MD, Ogborn D, Contreras B, and Sonmez GT. Effects of
484 Low- vs. High-Load Resistance Training on Muscle Strength and Hypertrophy in
485 Well-Trained Men. *J Strength Cond Res* 29: 2954-2963, 2015.
- 486 30. Schoenfeld BJ, Pope ZK, Benik FM, Hester GM, Sellers J, Nooner JL, Schnaiter JA,
487 Bond-Williams KE, Carter AS, and Ross CL. Longer inter-set rest periods enhance
488 muscle strength and hypertrophy in resistance-trained men. *Journal of strength and*
489 *conditioning research/National Strength & Conditioning Association*, 2015.
- 490 31. Schoenfeld BJ, Ratamess NA, Peterson MD, Contreras B, and Tiryaki-Sonmez G.
491 Influence of resistance training frequency on muscular adaptations in well-trained
492 men. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 29: 1821-1829, 2015.
- 493 32. Stults-Kolehmainen M, Stanforth P, Bartholomew J, Lu T, Abolt C, and Sinha R.
494 DXA estimates of fat in abdominal, trunk and hip regions varies by ethnicity in men.
495 *Nutrition & diabetes* 3: e64, 2013.

- 496 33. Thomas MH and Burns SP. Increasing Lean Mass and Strength: A Comparison of
497 High Frequency Strength Training to Lower Frequency Strength Training.
498 *International journal of exercise science* 9: 159-167, 2016.
- 499 34. Thompson FE and Byers T. Dietary assessment resource manual. *J Nutr* 124: 2245s-
500 2317s, 1994.
- 501 35. Volek JS, Volk BM, Gomez AL, Kunces LJ, Kupchak BR, Freidenreich DJ,
502 Aristizabal JC, Saenz C, Dunn-Lewis C, Ballard KD, Quann EE, Kawiecki DL,
503 Flanagan SD, Comstock BA, Fragala MS, Earp JE, Fernandez ML, Bruno RS,
504 Ptolemy AS, Kellogg MD, Maresh CM, and Kraemer WJ. Whey protein
505 supplementation during resistance training augments lean body mass. *Journal of the*
506 *American College of Nutrition* 32: 122-135, 2013.
507
508