

Marina Gurgel Simões

**COMPARAÇÃO DO PICO DE ATIVIDADE ELETROMIOGRAFICA EM
PROTOCOLOS DE TREINAMENTO
DE FORÇA COM DIFERENTES CONFIGURAÇÕES NO NÚMERO DE
REPETIÇÕES E NA DURAÇÃO DA REPETIÇÃO**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2016

Marina Gurgel Simões

**COMPARAÇÃO DO PICO DE ATIVIDADE ELETROMIOGRAFICA EM
PROTOCOLOS DE TREINAMENTO
DE FORÇA COM DIFERENTES CONFIGURAÇÕES NO NÚMERO DE
REPETIÇÕES E NA DURAÇÃO DA REPETIÇÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Treinamento Esportivo da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Treinamento Esportivo.

Orientador: Prof. Ms. Lucas Túlio de Lacerda

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2016

S988c Simões, Marina Gurgel

2016 Comparação do pico de atividade eletromiográfica em protocolos de treinamento de força com diferentes configurações no número de repetições e na duração da repetição. [manuscrito] / Marina Gurgel Simões – 2016.

23 f., enc.:il.

Orientador: Lucas Túlio de Lacerda

Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Bibliografia: f. 20-23

1. Musculação. 2. Educação física e treinamento. 3. Força muscular. 4. Eletromiografia. I. Lacerda, Lucas Túlio de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III. Título.

CDU: 796.015

Ficha catalográfica elaborada pela equipe de bibliotecários da Biblioteca da Escola de Educação Física,

Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais.



UFMG

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Departamento de Esportes
Curso de Especialização em Treinamento Esportivo

Tel: (0xx31) 3409-2342 / 3409-2341 – Fax: 3409-2304

e-mail: treinamento@effto.ufmg.br

Monografia intitulada Comparação do pico de atividade eletromiográfica em protocolos de treinamento de força com diferentes configurações no número de repetições e na duração da repetição, de autoria da pós-graduanda Marina Gurgel Simões, defendida em 30/06/2016, na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais e submetida à banca examinadora composta pelos professores:

Prof. Dr. Herbert Ugrinowitsch

Departamento de Esportes

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Ms. Rafael Silva Valle de Almeida

Departamento de Esportes

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

Universidade Federal de Minas Gerais

Profa. Dra. Kátia Lúcia Moreira Lemos

Coordenadora do Curso de Especialização em Treinamento Esportivo

Departamento de Esportes

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte, 30/06/2016

RESUMO

O presente estudo teve o objetivo de comparar o efeito de diferentes configurações na duração da repetição e no número de repetições sobre o pico de atividade Eletromiográfica (EMG). Vinte dois voluntários do sexo masculino treinados em musculação realizaram dois protocolos de treinamento de força (A e B) no exercício supino na barra guiada, ambos com 3 séries, pausa de 180 segundos a 60% de uma repetição máxima (1RM). O Protocolo A consistia de 6 repetições com uma duração da repetição de 6s, enquanto o Protocolo B os voluntários deveriam realizar 12 repetições com a duração da repetição de 3s. Foi registrado o pico de atividade EMG do músculo peitoral maior durante a realização dos dois protocolos. Os resultados mostraram que o pico de atividade EMG normalizada do músculo analisado foi maior durante o Protocolo B, comparado com o Protocolo A. Os dados obtidos no presente estudo mostram que protocolos de treinamento realizados com configurações distintas da duração da repetição e número de repetições produzem respostas neuromusculares diferentes. Assim, a realização de uma menor duração da repetição e um maior número de repetições pode ser uma estratégia válida para aumentar o pico de atividade EMG.

Palavras-chave: Eletromiografia, Tempo sob tensão, Duração da repetição, Número de repetições, Treinamento de força.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 MÉTODOS	10
2.1 Delineamento Experimental	10
2.3 Amostra	10
2.4 Procedimentos e Coleta de dados	11
2.4.1 Sessões Experimentais 1 e 2	11
2.2 Sessões Experimentais 3 e 4	12
2.5 Análise Estatística	13
3 RESULTADOS.....	15
4 DISCUSSÃO	18
5 CONCLUSÃO	22
REFERÊNCIAS.....	23

1 INTRODUÇÃO

O comportamento neuromuscular em protocolos de treinamento de força na musculação tem sido frequentemente avaliado pelo registro da sua atividade eletromiográfica (EMG) (BURD *et al.*, 2012; FAHS *et al.*, 2014; SCHOENFELD *et al.*, 2014; TANIMOTO; ISHII, 2006; TRAN; DOCHERTY, 2006). A ativação muscular em protocolos de treinamento de força com diferentes configurações na duração da repetição (tempo gasto para realização de uma ação muscular concêntrica e excêntrica) e número de repetições apresentou uma resposta distinta (WATANABE *et al.*, 2014; WALKER *et al.*, 2012; SAMPSON; DONOHOE; GROELLER, 2014; SAKAMOTO; SINCLAIR, 2012; LACERDA *et al.*, 2016). Adicionalmente, estudos prévios mostraram que protocolos com menor duração da repetição apresentam uma maior variação na atividade EMG (TANIMOTO; ISHII, 2006) e maior pico de força (BENTLEY *et al.*, 2010). Assim, considerando que há uma relação entre a resposta de força e ativação muscular (SAMPSON; DONOHOE; GROELLER, 2014), torna-se relevante investigar se menor duração da repetição também apresenta maior pico de atividade EMG.

Sampson, Donohoe e Groeller (2014) verificaram maiores valores de atividade EMG média durante a primeira e última ação concêntrica em um protocolo de treinamento de força realizado com ações musculares concêntricas e excêntricas explosivas (protocolo CAE), comparando protocolos de ações concêntricas explosivas e ações excêntricas de 2s com o protocolo que de ambas as ações musculares de 2s, no exercício flexão de cotovelos. Apesar de ter encontrado maiores valores de força nos primeiros 5% da última ação muscular concêntrica no protocolo CAE, não se verificou diferenças na atividade EMG das ações musculares concêntricas entre os protocolos, porém foi verificado maior valor da atividade EMG média para a ação excêntrica. Os autores concluíram que uma rápida ação muscular excêntrica não foi capaz de aumentar ativação muscular durante as ações musculares concêntricas. Contudo, um aspecto metodológico contribuiu para esse resultado, uma vez que constatou uma diminuição da velocidade média das ações musculares concêntricas a cada repetição em todos os protocolos. Desse modo, é possível que tenha ocorrido uma diminuição da diferença na duração das ações musculares concêntricas entre os protocolos ao longo da série, o que pode ter

contribuído para não confirmar diferenças na atividade EMG durante ações musculares concêntricas entre os protocolos.

Na perspectiva de aumento da atividade EMG com diferentes configurações na duração da repetição, Sakamoto e Sinclair (2012) verificaram uma maior atividade EMG média para ações musculares concêntricas durante a execução de um protocolo com série única e número máximo de repetições, quando menor duração da repetição era realizada para o exercício supino. De maneira semelhante, Lacerda *et al.* (2016) compararam as respostas da atividade EMG média entre dois protocolos realizados com séries múltiplas, diferente duração da repetição e número de repetições, no exercício supino, a uma intensidade de 60% de 1RM e equiparados pelo tempo sobre tensão (TST). Os voluntários realizaram 3 séries de 6 repetições com duração da repetição de 6s no protocolo A e 3 séries de 12 repetições com duração de 3s no protocolo B. Os protocolos de treinamento de força adotados no presente estudo foram capazes de proporcionar um aumento da atividade EMG média das ações musculares concêntricas e excêntricas com o decorrer das séries para os músculos deltoide anterior, peitoral maior e tríceps braquial. Contudo o protocolo com menor duração da repetição e maior número de repetições (Protocolo B) promoveu uma maior atividade EMG comparado com o Protocolo A. Uma das justificativas do estudo para as respostas investigadas, é que a maior atividade EMG verificada durante a ação muscular excêntrica e também para o Protocolo B pode estar relacionada com a necessidade de produzir uma maior força para desacelerar a barra, que desloca durante a ação excêntrica em maior velocidade nesse protocolo em comparação ao Protocolo A. Dessa forma, para a produção de uma maior força muscular para frenagem do movimento seria necessária uma maior ativação muscular. O Protocolo B também apresentou maior atividade EMG média durante a ação concêntrica comparado com o Protocolo A. Adicionalmente os autores relatam que outra possível explicação se dá pelo fato de uma maior velocidade de movimento e um menor tempo de transição potencializam os mecanismos neurofisiológicos (pré-ativação e resposta reflexa miotática) e, conseqüente, aumentando a atividade EMG no início da ação muscular concêntrica durante protocolos de treinamento realizados com menor duração da repetição.

No estudo de Hatzel *et al.* (2012) foi verificado o pico de atividade EMG durante as ações musculares excêntricas quando uma menor duração da repetição foi executada (3s) em comparação a maior duração da repetição (6s e 12s). Os autores justificaram esses resultados, pelo fato que os voluntários deveriam

umentar a ativação muscular para desempenhar movimentos mais velozes, a fim de produzir maiores níveis de força. Contudo, não se comprovou diferenças durante as ações musculares concêntricas. Adicionalmente, Looney *et al.* (2016) avaliaram o pico de atividade EMG em diferentes configurações envolvendo intensidade e número de repetições no exercício agachamento. Foi verificado maior pico de atividade EMG, quando realizado maior número de repetições (até a falha), comparando a um protocolo de número de repetições submáximos e mesma intensidade. Entretanto, as configurações dos protocolos de treinamento realizados nos estudos citados anteriormente não apresentavam uma equiparação TST. Considerando que essa variável é capaz de influenciar nas respostas neuromusculares agudas de protocolos de força (BURD *et al.*, 2012; TANIMOTO; ISHII, 2006), necessita ainda ser investigada a resposta do pico de atividade EMG durante protocolos com diferentes durações e número de repetições, mas equiparados pelo TST.

Dessa forma, o registro o pico de atividade EMG durante a realização de protocolos de treinamento de força, utilizando diferentes durações e número de repetições, fornecerá informações adicionais para um melhor entendimento do impacto da manipulação dessas variáveis em programas de treinamento na musculação. Sendo assim, o presente estudo tem o objetivo de investigar o efeito de diferentes configurações da carga de treinamento equiparadas pelo TST no pico de atividade EMG.

2 MÉTODOS

2.1 Delineamento Experimental

No presente estudo foi utilizado um delineamento experimental de medidas repetidas (PORTNEY; WATKINS, 2008), para comparar as respostas do pico de atividade EMG em protocolo de treinamento de força com diferentes configurações no número de repetições (6 e 12) e diferentes durações da repetição (6s e 3s). Todas as coletas ocorreram no Laboratório do Treinamento na Musculação (LAMUSC), sendo que cada voluntário compareceu em 4 dias diferentes (sessões de 1 a 4), separados por um período de 48 ou 72 horas. Nas sessões 1 e 2, testes realizados de uma repetição máxima (1RM) para o exercício supino guiado e familiarização ao controle da duração das ações musculares. Nas sessões 3 e 4 fizeram testes para posterior normalização dos dados eletromiográficos (testes de normalização). Adicionalmente, executaram-se os protocolos de treinamento no supino na barra guiada e o registro do pico de atividade EMG dos músculos deltoide, peitoral maior, tríceps.

2.3 Amostra

A amostra foi de conveniência e composta por 22 voluntários do sexo masculino com idade entre 18 e 30 anos (média \pm SD: 23,47 idade; \pm 3,44 anos; altura 1,77; \pm 0,08 m; massa corporal 76,79; \pm 10,32 kg; 1RM 92,95; \pm 17,16 kg), estudantes da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), praticantes de musculação dos projetos de extensão desta instituição, além de profissionais de Educação Física. Os critérios de inclusão para participação foram (a) praticantes de musculação há pelo menos seis meses, ininterruptamente; (b) levantar, no teste de 1RM, um peso maior que a sua própria massa corporal (KEOGH *et al.*, 1999; MARTINS-COSTA *et al.*, 2012; DINIZ *et al.*, 2014; LACERDA *et al.*, 2016); e (c) não possuir histórico de lesões músculo-tendíneas nas articulações do ombro, cotovelo e punho. O objetivo do estudo esclarecido aos indivíduos e o mesmo aprovado pelo comitê de ética, que cumpriu todas as normas internacionais. A rotina de

treinamento diária dos indivíduos, fora do procedimento experimental foi modificada, a fim de não prejudicar o desempenho nos testes experimentais, evitando a utilização musculatura do peitoral maior, tríceps braquial e deltoide, 48 horas antes das sessões experimentais. Além disso, cada indivíduo foi orientado a não realizar qualquer tipo de atividade física nos momentos que antecedessem a coleta e manter a mesma dieta realizada nos dias comuns.

2.4 Procedimentos e Coleta de dados

2.4.1 Sessões Experimentais 1 e 2

Após a realização da mensuração das medidas antropométricas, os indivíduos foram posicionados no banco de supino reto na barra guiada, as posições da mão e da cabeça foram padronizadas, bem como a amplitude de movimento (ADM). Os indivíduos fizeram 10 repetições, sem qualquer peso adicional à barra. Posteriormente, os indivíduos realizaram o teste de 1RM para o exercício supino na barra guiada. Foram realizados testes de 1RM durante a primeira e segunda sessões de coleta para familiarizar os sujeitos com os seus procedimentos e para determinar o peso para as seguintes sessões de coleta, respectivamente. O teste começou com uma ação muscular excêntrica, abaixando a barra para o osso esterno, seguida de uma ação muscular concêntrica, determinada pela extensão completa dos cotovelos. O valor de 1RM foi determinada com número máximo de 6 tentativas, com pausas de 5 minutos entre cada tentativa. Foi necessário uma média de $4,4 \pm 1,0$ e $3,5 \pm 0,8$ tentativas para determinar o desempenho de 1RM nas sessões experimentais 1 e 2, respectivamente. Como o último procedimento das sessões experimentais 1 e 2, os participantes também foram familiarizados com o uso do metrônomo (60 ou 120 batimentos \cdot min⁻¹), para auxiliar os voluntários no controle das durações da repetição realizada nos protocolos de treinamento durante as sessões experimentais 3 e 4.

2.4.2 Sessões Experimentais 3 e 4

Um estudo piloto se conduziu para testar a viabilidade de realização dos dois protocolos de treinamento. Os protocolos foram realizados com 3 séries a 60% de 1RM, e 180s de pausa entre as séries. No Protocolo A, os indivíduos completaram cada série de 6 repetições com uma duração da repetição de 6s (3s para ação muscular concêntrica: 3s para ação muscular excêntrica), enquanto que no Protocolo B os indivíduos executaram cada uma das séries de 12 repetições com duração da repetição de 3s (1,5s para ação muscular concêntrica: 1,5s para ação muscular excêntrica).

Um eletrogoniômetro posicionado no cotovelo dos voluntários, e os eletrodos foram fixados no peitoral maior direito, como parte do primeiro procedimento experimental durante as sessões 3 e 4. Os locais de fixação dos eletrodos e do eletrogoniômetro foram marcados por caneta tipo hidrocor de longa duração (nos contornos da fixação). O pico de atividade EMG foi registrado durante a execução de cada um dos protocolos de treinamento.

Mais especificamente, um eletrogoniômetro calibrado (Noraxon, EUA) fixado no cotovelo esquerdo dos indivíduos usando fita adesiva dupla face e elásticos. Uma vez armazenados, os dados do eletrogoniômetro foram convertidos em dados de deslocamento angular e filtrados por meio de filtro Butterworth passa-baixa de quarta ordem com uma frequência de corte de 10 Hz. O eletrogoniômetro também foi usado para determinar a ADM do cotovelo. Através do registro do tempo de deslocamento angular realizado pelo eletrogoniômetro foram determinadas a duração das ações musculares excêntricas e concêntricas e duração da repetição. Assim, permitiu-se quantificar o tempo despendido durante a realização dos movimentos de flexão (período compreendido entre as posições angular mínima e máxima) e extensão do cotovelo (período compreendido entre as posições angulares máxima e mínima) que correspondeu às durações das ações musculares excêntricas e concêntricas, respectivamente (LACERDA *et al.*, 2016).

O procedimento de eletromiografia de superfície (Biovision, Wehrheim, Alemanha) seguiu as recomendações do Hermens *et al.* (2000). Eletrodos de superfície bipolares (Ag / AgCl) foram colocados paralelamente as fibras musculares no músculo peitoral maior (porção esternal). A área da pele foi tricotomizada, limpa com álcool e um algodão antes de colocar os eletrodos. Um par de eletrodos (2 cm

de centro a centro) colocado no ponto de maior ventre muscular. O eletrodo terra foi fixado no Olécrano.

A aquisição dos dados eletromiográficos foi amplificada em 500 vezes. Depois de armazenados, estes dados foram filtrados (2ª ordem Butterworth filtro passa-banda de 20-500 Hz) e retificados (onda completa) para calcular a *root mean square* (RMS) da amplitude do sinal eletromiográfico (EMGRMS). Antes de iniciar cada sessão experimental, solicitou-se que os indivíduos realizassem duas repetições no exercício supino na barra guiada a 60% de 1RM, com uma duração de repetição diferente (4s; 2s concêntricas: 2s excêntricas) para ser utilizado como referência para a normalização das medições subsequentes (LACERDA *et al.*, 2016). O pico de atividade EMG foi determinado para cada ação muscular concêntrica ou excêntrica e a média das duas medidas foram determinadas para cada grupo muscular (procedimento de normalização) (LACERDA *et al.*, 2016; LOONEY *et al.*, 2016; SAKAMOTO; SINCLAIR, 2012). Este procedimento está em conformidade com as recomendações de Allison *et al.* (1993), para ações dinâmicas. Por fim, ambas as medidas de pico de atividade EMG para ações musculares concêntricas e excêntricas foram obtidas e calculadas durante os protocolos. E esses valores divididos pelos seus respectivos valores de referência concêntrico e excêntrico anteriormente descritos, gerando o pico de atividade eletromiográfica normalizada (pico de atividade EMG normalizada) por ação muscular. O eletrogoniômetro foi usado para separar as ações musculares em todas as situações mencionadas acima.

Os sinais eletromiográficos e do eletrogoniômetro foram sincronizados e convertidos usando um conversor A/D (Biovision, Wehrheim, Alemanha) e amostrados a uma frequência de 1.000 Hz. Um programa apropriado (DasyLab 11,0, Measurement Computing Corporation, Norton, MA, USA) foi utilizado para registrar e tratar os dados.

2.5 Análise Estatística

A normalidade e homogeneidade das variâncias foram confirmadas usando os testes *Shapiro-Wilks* e *Levene*, respectivamente. Estes testes foram realizados usando o *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS 20.0) e, foi verificado que os valores do pico de atividade EMG normalizada não apresentaram desvios

significantes da normalidade. A ANOVA *two-way* (protocolo x série) para medidas repetidas verificou diferenças nas respostas do pico de atividade EMG normalizada dos protocolos de treinamento (STATISTICA 7.0). Quando necessário, um *post hoc* de *Tukey HSD* foi usado para localizar as diferenças reportadas nas ANOVAs. O coeficiente de correlação intraclassa (CCI) do pico de atividade EMG das ações concêntricas e excêntricas encontradas no teste de normalização da Experimental Sessões 3 e 4 foi calculada; esses valores inter-sessões foram 0.91 e 0.92 para o músculo peitoral maior, 0.96 e 0.93 para o músculo deltoide e 0.93 e 0.81 para o músculo tríceps braquial. Além disso, foram adotados os seguintes valores do *partial eta squared* (η^2_p) de modo a refletir à magnitude das diferenças entre cada tratamento (pequena = 0,01; média = 0,06; e grande = 0,14) (COHEN, 1988).

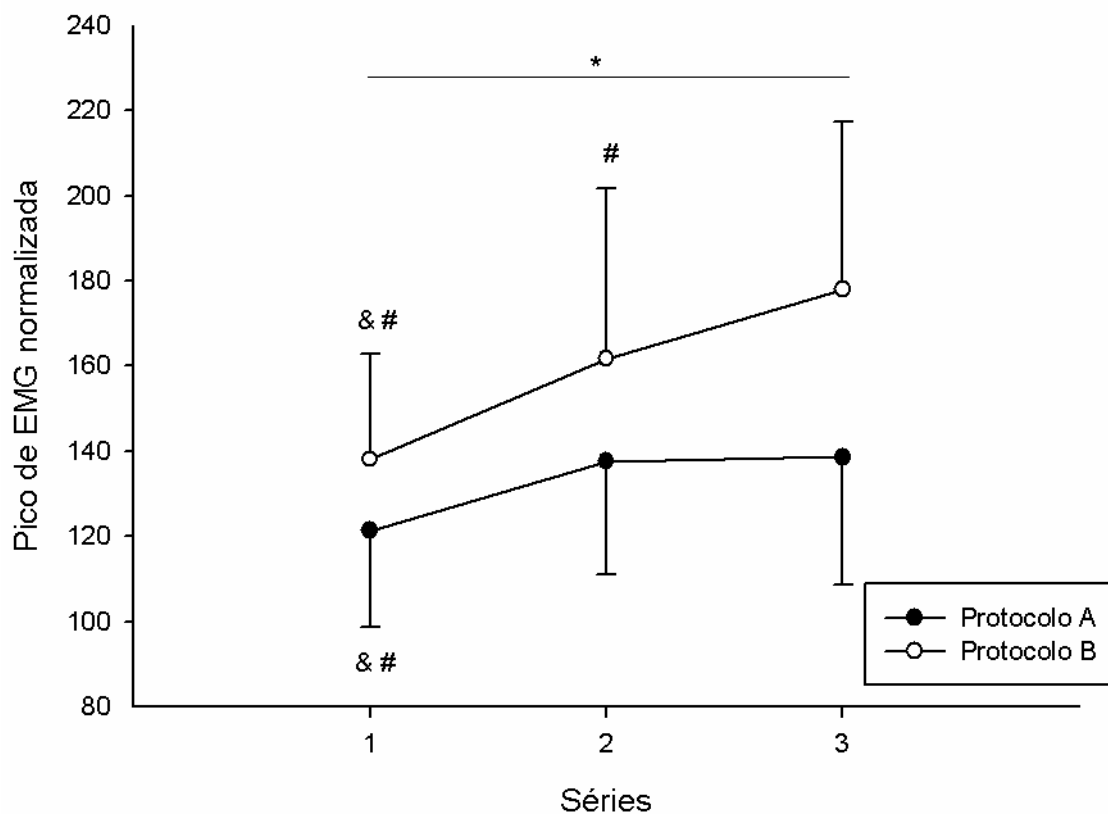
Para os dados da ADM referente ao pico de atividade EMG, a normalidade e homogeneidade das variâncias foram verificadas usando os testes *Shapiro-Wilks* e *Levene*, respectivamente. Estes testes foram realizados usando o *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS 20.0), e foi verificado que os valores da ADM referente ao pico de atividade EMG não apresentou desvios significantes da normalidade. A ANOVA *two-way* (protocolo x séries) para medidas repetidas verificou as respostas da ADM referente ao pico de atividade EMG dos protocolos de treinamento (STATISTICA 7.0). Quando necessário, um *post hoc* de *Tukey HSD* foi usado para localizar as diferenças reportadas nas ANOVAs.

Por fim, foram utilizados os testes t para amostras pareadas para comparar as durações de repetição, TST (concêntrica e excêntrica) e ADM nos protocolos analisados. Foi fixado um $p \leq 0,05$ para significância estatística para todos os testes realizados.

3 RESULTADOS

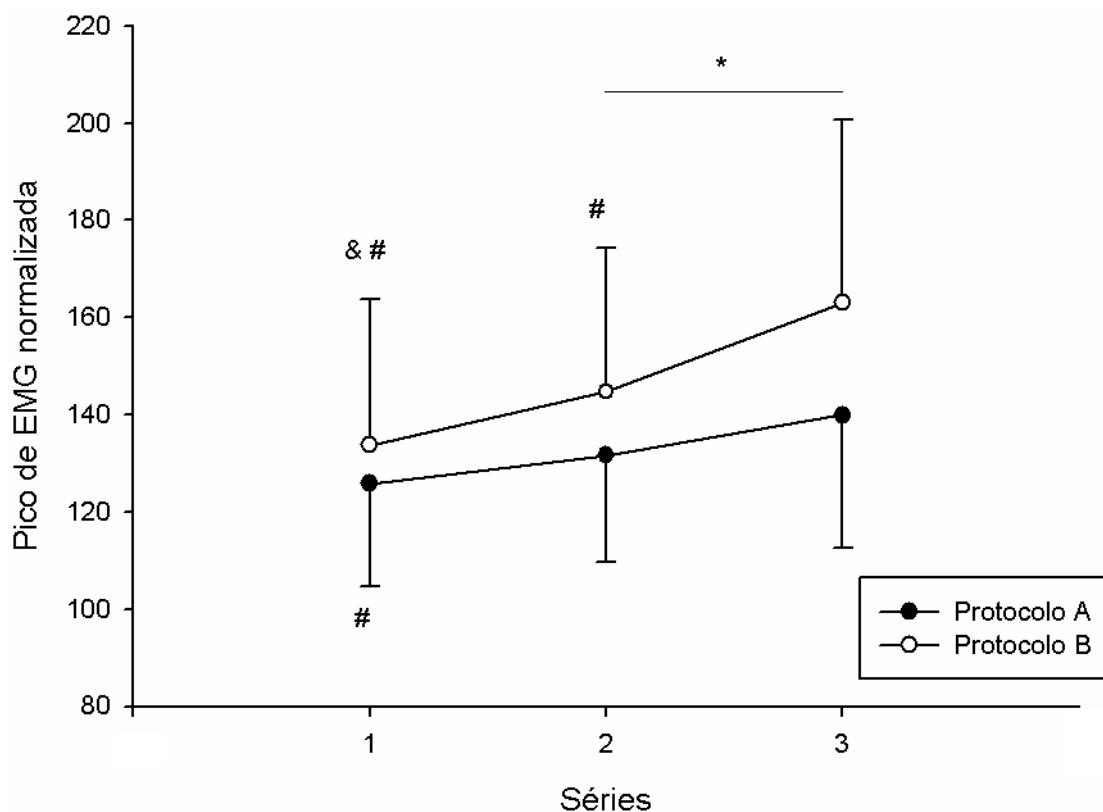
Os valores médios e o desvio padrão para as sessões de familiarização e teste de 1RM foram $91,72 \pm 17,58$ e $92,95 \pm 17,16$ Kg, respectivamente. Também foi verificado um coeficiente de correlação intraclass (CCI) de 0,99 referente aos dados coletados nas sessões de familiarização e do teste de 1RM, sendo significativo para um $p < 0,05$. A mediana do número de tentativas para verificar o RM dos voluntários foi 3. Até a data da coleta, os voluntários treinavam em média $4,61 (\pm 0,78)$ vezes na semana, sendo que todos eles realizavam o exercício supino. Para este tipo de exercício, 34,78% dos voluntários relataram controlar a duração da repetição em faixas próximas às adotadas neste estudo (3s a 6s). Os demais voluntários não realizavam controle dessa variável nas suas sessões de treinamento.

GRÁFICO 1 – Pico de atividade EMG normalizada das ações musculares excêntricas realizadas dos protocolos A e B. * Protocolo B diferente do Protocolo A. & Diferente da 2ª série no respectivo protocolo. # Diferente da 3ª série no respectivo protocolo.



O GRÁFICO 1 mostra a resposta do pico de atividade EMG normalizada para as ações excêntricas do músculo peitoral maior no decorrer de cada protocolo de treinamento. O procedimento paramétrico ANOVA para medidas repetidas identificou um efeito de interação (protocolo x série) ($F_{2,42} = 5,33$, $p = 0.008$, poder = 0,81, tamanho do efeito = 0,20), de modo que o pico de atividade EMG normalizada do Protocolo B foi sempre maior que o Protocolo A. Verificou-se também um aumento do pico de atividade EMG normalizada no decorrer das séries, sendo que no Protocolo A, a 2ª e 3ª séries foram maiores que a 1ª série, sem diferenças significantes entre as 2ª e 3ª séries. Para o Protocolo B, a 2ª e 3ª séries foram maiores que a 1ª série e, a 3ª foi maior que a 2ª série.

GRÁFICO 2 – Pico de atividade EMG normalizada das ações musculares concêntricas realizadas dos protocolos A e B. * Protocolo B diferente do Protocolo A. & Diferente da 2ª série no respectivo protocolo. # Diferente da 3ª série no respectivo protocolo.



O GRÁFICO 2 ilustra o comportamento do pico de atividade EMG normalizada das ações concêntricas do músculo peitoral maior no decorrer de cada protocolo de treinamento. Foi identificado um efeito de interação (protocolo x série)

($F_{2,42} = 7,23$, $p = 0,001$, poder = 0,92, tamanho do efeito = 0,26). De modo que, o pico de atividade EMG normalizada no Protocolo B foi maior do que no Protocolo A na 2ª e 3ª séries. Diferentemente da ação excêntrica, a 1ª série não foi significativamente diferente entre ambos os protocolos. Ainda foi observado um aumento no pico de atividade EMG normalizada a cada série, no Protocolo A, a 3ª série foi maior que a 1ª série, sem diferenças da 2ª para a 1ª série e também da 2ª para a 3ª série. Adicionalmente, para o Protocolo B verificou-se um aumento progressivo do pico de atividade EMG normalizada no decorrer das séries, sendo a 2ª e 3ª séries foram maiores que a 1ª série e, a 3ª maior que a 2ª série.

A ANOVA para medidas repetidas não identificou efeito de protocolo na resposta da ADM normalizada das ações concêntricas e excêntricas, dessa forma, não sendo verificadas diferenças na ADM onde ocorreu o pico de atividade EMG. No entanto, foi identificado um efeito principal de série somente nas ações concêntricas ($F_{2,42} = 4,9$, $p = 0,01$, poder = 0,68, tamanho do efeito = 0,19). Sendo que, o pico de atividade EMG ocorreu no início da 1ª série das ações concêntricas. Nas ações excêntricas não identificou-se efeito de protocolo e de série ($F_{2,42} = 1,01$, $p = 0,37$), ou seja, não foram verificadas diferenças na ADM onde ocorreu o pico de atividade EMG, nem entre protocolos, sequer entre séries.

Como esperado, o Protocolo B mostrou uma menor duração da repetição média comparado ao Protocolo A ($3,01 \pm 0,05s$ vs. $5,94 \pm 0,07s$; $p < 0,001$; coeficiente de variação, $< 1,6\%$ para ambos os protocolos). Não foram verificadas diferenças na ADM onde ocorreu o pico de atividade EMG entre os Protocolos A e B ($76,01 \pm 12,01^\circ$ vs. $74,24 \pm 12,21^\circ$, respectivamente; $p = 0,148$). Também não houve diferenças no TST das ações concêntricas entre os Protocolos A e B ($17,54 \pm 0,63s$ vs. $17,69 \pm 0,57s$, respectivamente; $p = 0,129$). No entanto, encontraram-se diferenças no TST das ações excêntricas entre Protocolos A e B ($18,19 \pm 0,41s$ vs. $18,43 \pm 0,58s$, respectivamente; $p = 0,036$), embora a magnitude da diferença entre valores médios foi inferior a $1,4\%$.

4 DISCUSSÃO

Este estudo comparou o pico de atividade EMG normalizada em protocolos de treinamento de força com diferentes configurações na duração da repetição e número de repetições, equiparados pelo TST. Os resultados mostraram que o pico de atividade EMG normalizada foi maior no Protocolo B comparado ao Protocolo A, ao longo das séries nas ações musculares excêntricas. Nas ações musculares concêntricas a 2ª e 3ª séries obtiveram maior pico de atividade EMG normalizada, para o músculo peitoral maior. Esses resultados podem ser explicados, pelo menos em parte, por um aumento na ativação muscular proporcionada por protocolos realizados com menor duração da repetição e maior número de repetições, indicando uma maior demanda fisiológica durante sua execução (TRAN; DOCHERTY, 2006).

Estudos anteriores analisaram a resposta de ativação muscular, em protocolos de treinamento com diferentes configurações na duração da repetição e no número de repetições (BURD *et al.*, 2012; LACERDA *et al.*, 2016; SAMPSON; DONOHOE; GROELLER, 2014; SAKAMOTO; SINCLAIR, 2012). Manipulando apenas a duração da repetição, Burd *et al.* (2012) demonstraram que o aumento da duração da repetição pode resultar em uma maior resposta de atividade EMG. No entanto, deve-se ressaltar que, no estudo anterior o número de repetições realizado nos protocolos de treinamento foi mantido constante, assim, maior duração da repetição poderia fornecer um TST superior, um fator capaz de alterar a resposta da atividade EMG (HUNTER *et al.*, 2004; SUZUKI *et al.*, 2002). Dessa forma, Lacerda *et al.* (2016), compara protocolos de treinamento com diferentes durações e número de repetições, equiparados pelo TST. Os autores verificaram uma maior atividade EMG média durante o protocolo com menor duração e maior número de repetições. Resultados semelhantes foram observados no estudo de Sakamoto e Sinclair (2012), embora os protocolos foram realizados até a fadiga (número máximo de repetição), não permitindo a equiparação do TST. Os autores perceberam uma maior atividade EMG média em ações musculares concêntricas durante a execução de menor duração da repetição e maior número de repetições. Considerando as informações acima mencionadas, é possível que protocolos de treinamento de força com menor duração e maior número de repetições desenvolvam um papel importante no aumento da resposta de ativação muscular verificada por uma maior atividade EMG (LACERDA *et al.*, 2016). Essa afirmação pode ser explicada, pelo

menos em parte, pelo protocolo com menor duração e maior número de repetições ter obtido uma maior atividade EMG em decorrência de um maior recrutamento de unidades motoras (CHRISTIE *et al.*, 2009; HUNTER *et al.*, 2004; SUZUKI *et al.*, 2002), que pode ser uma importante resposta neuromuscular relacionada ao aumento da hipertrofia e força muscular (LOENNEKE *et al.*, 2010; SCHOENFELD, 2014). No entanto, deve-se notar que outros fatores, tais como o aumento da frequência de estimulação e sincronização de unidades motoras, também podem influenciar na atividade EMG (HUNTER *et al.*, 2004; SUZUKI *et al.*, 2002).

Estudos têm justificado as respostas da atividade EMG pela demanda de força requerida em diferentes protocolos de treinamento (LACERDA *et al.*, 2016; SAKAMOTO; SINCLAIR, 2012; SAMPSON; DONOHOE; GROELLER; 2014). Bentley *et al.* (2010) mostraram que maior pico de força são esperados em protocolos de treinamento com menor duração da repetição. Também tem sido verificada uma maior atividade EMG média em protocolos de treinamento com menor duração e maior número de repetições (LACERDA *et al.*, 2016; SAKAMOTO; SINCLAIR, 2012; SAMPSON; DONOHOE; GROELLER; 2014). Uma possível justificativa dada pelos autores seria a necessidade de produzir um maior pico de força para acelerar ou desacelerar a barra quando realizado em menor duração da repetição, exigindo, portanto, maior recrutamento de unidades motoras (LACERDA *et al.*, 2016; SAKAMOTO; SINCLAIR, 2012; SAMPSON; DONOHOE; GROELLER; 2014). Estas demandas de aceleração e desaceleração ocorrem no início da ação muscular concêntrica e no final da ação muscular excêntrica, respectivamente. Entretanto, nesses estudos citados não foi verificado o pico de atividade EMG e sim a atividade EMG média dos protocolos investigados. Portanto, considerando, que há uma relação entre a resposta de força e ativação muscular (McBRIDE; CORMIE; DEANE, 2006). Os dados do presente estudo confirmam a expectativa dos estudos anteriores ao verificar um maior pico de atividade EMG normalizada das ações musculares concêntricas e excêntricas no Protocolo B. Desta forma, a resposta de uma maior força para aceleração e desaceleração também poderia proporcionar um maior pico de atividade EMG normalizada.

Dados de estudos prévios investigaram que a duração da repetição e o número de repetições são capazes de influenciar no pico de atividade EMG em protocolos de treinamento de força (HATZEL *et al.*, 2012; LOONEY *et al.*, 2016). Hatzel *et al.* (2012) verificaram um maior pico de atividade EMG durante as ações musculares excêntricas quando uma menor duração da repetição foi executada

comparada a maiores durações da repetição. Os autores justificam esses resultados, pelo fato que os voluntários deveriam aumentar a ativação muscular para desempenhar movimentos mais velozes, a fim de produzir maiores níveis de força. Adicionalmente Looney *et al.* (2016), investigaram as respostas do pico de atividade EMG em diferentes configurações no número de repetições no exercício agachamento. Dados do estudo mostram que houve um maior pico de atividade EMG, quando realizados maior número de repetições (até a fadiga). Verificou-se também que protocolos realizados com maior número de repetições provocaram níveis aumentados de fadiga, caracterizados pela maior redução do desempenho de força. Entretanto, o objetivo do presente estudo, foi comparar as respostas do pico de atividade EMG em protocolos que manipularam simultaneamente a duração da repetição e o número de repetições. O maior pico de atividade EMG normalizada verificado no Protocolo B corrobora com os resultados verificados nos estudos que manipularam a duração da repetição e o número de repetições separadamente, confirmando a importância dessas variáveis na ativação muscular.

Em relação à resposta do pico de atividade EMG normalizada ao longo das séries, considerando o melhor do nosso conhecimento, não foram encontrados estudos que compararam a resposta do pico de atividade EMG ao longo das séries em protocolos com diferentes durações da repetição e número de repetições, equiparados pelo TST. Estudos verificaram um aumento da atividade EMG média ao longo das séries quando menores durações da repetição e maiores números de repetições foram executados (LACERDA *et al.*, 2016; WATANABE *et al.*, 2014; WALKER *et al.*, 2012), corroborando com os resultados do presente estudo. Também reforçando a expectativa de um aumento da atividade EMG no decorrer das séries, são os dados referentes aos estudos, que investigaram a atividade EMG em série única (SAKAMOTO; SINCLAIR, 2012; SAMPSON; DONOHOE; GROELLER, 2014; VAN DEN TILLAAR; SAETERBAKKEN, 2014). Nesses estudos foi verificado aumento na ativação muscular durante ações musculares concêntricas ao longo de uma série, ou seja, maior ativação ao longo das repetições na série. Resultados similares também foram identificados durante ações musculares excêntricas em protocolos de série única e número máximo de repetições (SAMPSON; DONOHOE; GROELLER, 2014, VAN DEN TILLAAR; SAETERBAKKEN, 2014). Considerando esses resultados, é esperado que ao final de uma série em um protocolo com as características da carga de treinamento estabelecidas no presente estudo ocorra um aumento da ativação muscular. Assim,

a demanda fisiológica resultante da realização da primeira série, por exemplo, a ativação muscular média maior que 100% da EMG normalizada (LACERDA *et al.*, 2016) será novamente imposta ao organismo na execução da segunda e terceira séries. Assim, mesmo que a determinação da pausa neste estudo, baseada em recomendações para treinamento de força com objetivo de hipertrofia muscular (ACSM, 2009; BIRD; TARPENING; MARINO, 2005), tenha permitido que os protocolos de treinamento fossem realizados, o intervalo de pausa pode não ter sido suficiente para a recuperação completa das unidades motoras fadigadas. Desta forma, a execução do mesmo trabalho nas três séries demandaria maior participação das unidades motoras, resultando em um aumento no pico de atividade EMG normalizada ao longo das séries. Sendo exatamente este o resultado verificado no presente estudo.

Não foram verificadas diferenças na ADM onde ocorreu o pico de atividade EMG durante os Protocolos A e B, considerando as ações musculares concêntricas e excêntricas. Sakamoto e Sinclair (2012) relatam que protocolos realizados com maior duração da repetição apresentaram uma atividade EMG constante durante ações concêntricas. Também, foi verificada uma redução da atividade EMG nas ADMs finais quando menores durações da repetição foram realizadas. Essa redução da atividade EMG pode estar relacionada à necessidade de elevadas acelerações, quando menores durações da repetição são realizadas, o que proporcionaria uma demanda maior de força no início do movimento (ADM inicial), conseqüentemente, poderia ocasionar um grau de relaxamento muscular nos graus finais de ADM, acentuando o fluxo sanguíneo pelo mecanismo de bomba muscular (SAKAMOTO E SINCLAIR, 2012). Adicionalmente, sabe-se que a frequência de estimulação é relatada na literatura como mecanismo modulador da produção de força (CHRISTIE *et al.*, 2009) e, que uma maior frequência de estimulação das unidades motoras no início de ações motoras balísticas é determinante para uma elevada taxa de desenvolvimento de força (DUCHATEAU; BAUDRY, 2014). Assim, baseado no fato que a resposta da atividade EMG pode ser influenciada pela demanda de força para realização de um protocolo de treinamento de força (SAMPSON; DONOHUE; GROELLER, 2014), seria possível que o pico de atividade EMG acontecesse em uma ADM menor quando menores durações da repetição fossem realizadas. Entretanto, os resultados verificados no presente estudo não confirmam esse raciocínio. É importante ressaltar que a duração da repetição realizada no Protocolo B foi mais rápida do que no Protocolo A, mesmo assim não é considerada uma

duração da repetição rápida o suficiente para representar um movimento balístico. Sendo assim, estudos que investiguem protocolos de treinamento com durações da repetição ainda mais rápidas seriam necessários para elucidar essa questão, uma vez que o protocolo com menor duração da repetição pode não ter sido rápido o suficiente para potencializar mecanismos moduladores da produção de força que poderiam influenciar no pico de atividade EMG.

5 CONCLUSÃO

Os dados do presente estudo revelaram que protocolos de treinamento de força com duração da repetição e número de repetições diferentes, equiparados pelo TST, produziram demandas fisiológicas diferentes. Especificamente, o protocolo com menor duração da repetição e maior número de repetições proporcionou um maior pico de atividade EMG. Como aplicação prática, esses resultados demonstram a possibilidade de protocolos com maiores velocidades de movimento produzirem o aumento da capacidade do indivíduo de gerar maiores níveis de força em menor tempo. Sendo assim, auxiliaria treinadores, técnicos e professores no treinamento de força em modalidades esportivas, que necessitam de um alto desempenho de força explosiva. No entanto, são necessários mais estudos que investiguem a resposta do pico de atividade EMG em protocolos realizados com durações da repetição ainda mais rápidas.

REFERÊNCIAS

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE – ACSM. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.41, p.687-708, 2009.

BENTLEY, J.R.; AMONETTE, W.E.; DE WITT, J.K.; DONALD-AGHAN, R. Effects of different lifting cadences on ground reaction forces during the squat exercises. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.25, p.1414-1420, 2010.

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

BURD, N.A.; WEST, D.W.D.; LITTLE, J.P.; COCHRAN, A.J.R.; HECTOR, A.J.; CASHABACK, J.G.A.; GIBALA, M.J.; POTVIN, J.R.; BAKER, S.K.; PHILLIPS, S.M. Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. **Journal of Physiology**, v.590, p.351-362, 2012.

CHRISTIE, A.; INGLIS, J.G.; KAMEN, G.; GABRIEL, D.A. Relationships between surface EMG variables and motor unit firing rates. **European Journal of Applied Physiology**, v.107, p.177-185, 2009.

COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences**. (2nd ed.) 1988.

CREWETHER, B.; CRONIN, J.; KEOGH, K. Possible stimuli for strength and power adaptation: acute metabolic responses. **Sports Medicine**, v.36, p.65-78, 2006.

DINIZ, R.C.R; MARTINS-COSTA, H.C., MACHADO, S.C.; LIMA, F.V.; CHAGAS, M. H. Repetition duration influences ratings of perceived exertion. **Perceptual and Motor Skills**, v.118, p.261-273, 2014.

DINIZ, R.C.R. **A duração da repetição influencia a concentração de lactato sanguíneo e a percepção subjetiva de esforço em protocolos de treinamento**

no exercício supino. Dissertação de mestrado em Ciências do Esporte. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional – UFMG, Belo Horizonte, 2008.

DUCHATEAU, J.; ENOKA, R.M. Neural control of shortening and lengthening contractions: influence of task constraints. **Journal of Neurophysiology**, v.586, n.24, p.5853-5864, 2008.

FAHS, C.A.; LOENNEKE, J.P.; THIEBAUD, R.S.; ROSSOW, L.M.; KIM, D.; ABE, T.; BECK, T.W.; FEEBACK, D.L.; BEMBEN, D.A.; BEMBEN, M.G. Muscular adaptations to fatiguing exercise with and without blood flow restriction. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, Epub ahead of print, 2014.

HATZEL, B.M.; STEPHEN, C.G; SCOTT, J.; HEATHER, S. Effects of Lift Velocity on Muscle Activation During Leg Extension. **The Open Sports Medicine Journal**, v.6, p.42-47, 2012.

HERMENS, H.J.; FRERIKS, B.; DISSELHORST-KLUG C.; RAU, G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal Electromyogr and kinesiology**, v.10, p. 361-374, 2000.

HUNTER, G.R.; SEELHORST, D.; SNYDER, S.; Comparison of metabolic and heart rate responses to super slow vs. traditional resistance training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.17, p.76-81, 2003.

HUNTER, S.K.; DUCHATEAU, J.; ENOKA, R.M. Muscle fatigue and the mechanisms of task failure. **Exerc Sport Sci**, v 32, p.44–49, 2004.

KEOGH, J.; WILSON, G.; WHEATHERBY, R. A cross-sectional comparison of different resistance training techniques in the bench press. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.13, p.247-258, 1999.

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

LACERDA, L; CHAGAS, M. **Respostas da atividade eletromiográfica e concentração de lactato sanguíneo a protocolos de treinamento de força equiparados pelo tempo sob tensão**. Dissertação (Mestrado em Ciências do Esporte) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

LACERDA, T.L; MARTINS-COSTA, H.C.; DINIZ, R.C.R.; MACHADO, S.C.; LIMA, F.V.; CHAGAS, M.H.; ANDRADE, A.G.P; TOURINO, F.D.; BEMBEN, M.G. Variations in repetition duration and repetition numbers influence muscular activation and blood lactate response in protocols equalized by time under tension. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.30, p.251-258, 2016.

LIMA, F.V.; CHAGAS, M.H; DINIZ, R.C.R. O procedimento de familiarização altera o desempenho no teste de 1 RM? In: SILAMI-GARCIA, E.; LEMOS, K. (org.) **Temas atuais em educação física e esportes X**. Health, p.187-198, 2005.

LOENNEKE, J.P.; WILSON, G.J.; WILSON, J.M. A mechanistic approach to blood flow occlusion. **Int J Sports Med** 31: 1–4, 2010.

LOONEY, D.P; WILLIAM , J.K.; MICHAEL, F.J.; BRETT, A.C.; CRAIG, R.D.; SHAWN D.F.; ROBERT, U.N.; TUNDE, K.S.; WILLIAM, H.D.; DAVID, R.H.; KEIJO, H.; CARL, M.M. Electromyographical and Perceptual Responses to Different Resistance Intensities in a Squat Protocol: Does Performing Sets to Failure With Light Loads Recruit More Motor Units? **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, p.792-799, 2016.

MARTINS-COSTA, H.C.; DINIZ, R.C.R.; MACHADO, S.C.; LIMA, F.V.; CHAGAS, M.H. Impacto de diferentes velocidades de movimento no tempo de transição entre ações musculares excêntricas e concêntricas. **Motricidade**, v.8, p.365-372, 2012.

McBRIDE, J.M; CORMIE, P.; DEANE, R. Isometric squat force output and muscle activity in stable and unstable conditions. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.20, p.915-918, 2006.

NEWTON, R.U.; MURPHY, A.J.; HUMPHRIES, B. J.; WILSON, G. J.; KRAEMER, J.; HÄKKINEN, K. Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements **European Journal of Applied Physiology**, v.75, p.333-342, 1997.

PORTNEY, L.G.; WATKINS, M.P. **Foundations of Clinical Research: Applications to Practice**. 3rd ed. Prentice Hall, p.837-891, 2008.

SAKAMOTO, A.; SINCLAIR, P.J. Effect of movement velocity on the relationship between training load and number of repetitions of bench press. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.20, p.523-527, 2006.

SAKAMOTO, A.; SINCLAIR, P.J. Muscle activations under varying lifting speeds and intensities during bench press. **European Journal of Applied Physiology**, v.112, p.1015-25, 2012.

SAMPSON, J. A.; DONOHOE. A.; GROELLER, H. Effect of concentric and eccentric velocity during heavy-load non-ballistic elbow flexion resistance exercise. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.17, p.306-311, 2014.

SCHOENFELD, B.J., CONTRERAS, B., WILLARDSON, J.M., FONTANA, F.; TIRYAKI-SONMEZ, G. Muscle activation during low- versus high-load resistance training in well-trained men. **European Journal Applied Physiology**, v.114, p.2491-2497, 2014.

SUZUKI, H.; CONWIT, R.; STASHUK, D.; SANTARSIERO, L.; METTER, E. Relationships between surface-detected EMG signals and motor unit activation. **Med Sci Sports Exerc**, v.34, p.1509–1517, 2002.

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, p.1150–1157, 2006.

TRAN, Q.T.; DOCHERTY, D.; BEHM, D. The effects of varying time under tension and volume load on acute neuromuscular responses. **European Journal Applied Physiology**, v.98, p.402-410, 2006.

TRAN, Q.T.; DOCHERTY, D. Dynamic training volume: A construct of both time under tension and volume load. **Journal of Sports Science and Medicine**, v.5, p 707-703, 2006.

VAN DEN TILLAAR, R.; SAETERBAKKEN, A. Effect of fatigue upon performance and electromyographic activity in 6-RM Bench Press. **Journal of Human Kinetics**, v.40, p.57-65, 2014.

WALKER, S.; DAVIS, L.; AVELA, J.; HÄKKINEN, K. Neuromuscular fatigue during dynamic maximal strength and hypertrophic resistance loadings. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.22, p. 356-362, 2012.

WALKER, S.; TAIPALI, R.S.; NYMAN, K.; KRAEMER, W.J.; HÄKKINEN, K. Neuromuscular and hormonal responses to constant and variable resistance loadings. **Medicine and science in sports and exercise**, v.43, p.26-33, 2011.

WATANABE, Y.; MADARAME, H.; OGASAWARA, R.; NAKAZATO, K.; ISHII, N. Effect of very low-intensity resistance training with slow movement on muscle size and strength in healthy older adults. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v.34, p.463-470, 2014.

WATANABE, M.; TANIMOTO, A.; OHGANE, K.; SANADA, K.; MIYACHI, M.; ISHII, N. Increased muscle size and strength from slow movement, low-intensity resistance exercise and tonic force generation. **Journal of Aging and Physical Activity**, v.21, p.71-84, 2013.

