

Bruno Magalhães de Castro

**RESPOSTA ELETROMIOGRÁFICA AO LONGO DA SÉRIE EM
PROTOCOLOS DE TREINAMENTO COM DIFERENTES
DURAÇÕES DAS AÇÕES MUSCULARES CONCÊNTRICA E
EXCÊNTRICA**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2012

Bruno Magalhães de Castro

**RESPOSTA ELETROMIOGRÁFICA AO LONGO DA SÉRIE EM
PROTOCOLOS DE TREINAMENTO COM DIFERENTES
DURAÇÕES DAS AÇÕES MUSCULARES CONCÊNTRICA E
EXCÊNTRICA**

Monografia apresentada ao Curso de Pós-graduação 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.

Área de Concentração: Musculação e treinamento em academias.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Heleno Chagas

Coorientador(a): Profa. Ms. Sandra Carvalho Machado

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2012



Universidade Federal de Minas Gerais

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

Monografia intitulada “Resposta eletromiográfica ao longo da série em protocolos de treinamento com diferentes durações das ações musculares concêntrica e excêntrica”, de autoria de Bruno Magalhães de Castro, pela banca examinadora constituída pelos professores:

Prof. Dr. Fernando Vitor Lima

Dpto de Esportes/Escola de Educação Física e Esporte / USP

Prof. Dr. Pablo Juan Greco

Dpto de Esportes/ Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional / UFMG

Belo Horizonte, 14 de Dezembro de 2012.

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai que é meu melhor exemplo. Tudo que fiz foi por você, Paizão!

A minha mãe, pela cumplicidade, amizade e dedicação a minha vida. Você sempre me apoiou em minhas decisões e sempre acreditou em mim. Obrigado!

Aos meus irmãos, Junior, Daniela e Larissa pelo amor e carinho. A Deborah pelo companheirismo, que mesmo sobre algumas dificuldades, soube estar presente em todos os momentos em que precisei.

Aos voluntários e aos amigos do LAMUSC, pela “força”, pelos debates e dedicação aos procedimentos das coletas.

Ao Prof. Mauro Heleno Chagas, que conduziu este trabalho com paciência e, acima de tudo, muita confiança. Ele consolidou os conceitos básicos de minha formação e ensinou com maestria, qual deve ser minha postura como professor e pesquisador.

A Prof^a. Sandra Carvalho Machado, que foi muito mais que minha co-orientadora, que com seus ensinamentos, sua cobrança, sua confiança e seu incentivo foi um anjo em minha vida. Muito, muito obrigado Sandrinha!

Ao Prof. Fernando Lima, pelas considerações e pelos questionamentos, foi ele que fez este trabalho se concretizar em sua excelência.

Ao grande amigo Alessandro Maia, que compartilhou comigo toda a experiência e crescimento ao longo do Curso de Especialização, e hoje é como um irmão. Obrigado!

“O conhecimento nos faz responsáveis.”

Che Guevara

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi comparar o comportamento do aumento da amplitude do sinal eletromiográfico, ao longo de cada série, em dois protocolos de treinamento que diferiram somente pela duração das ações musculares. Dezenove homens realizaram os protocolos compostos por três séries do número máximo de repetições, pausa de 3 minutos entre as séries, intensidade de 60% de 1 repetição máxima e duração da repetição de 6s. Um dos protocolos apresentou ação concêntrica de 2s e excêntrica de 4s (protocolo 2-4) e o outro, ação concêntrica de 4s e excêntrica de 2s (protocolo 4-2). A atividade eletromiográfica dos músculos peitoral maior e tríceps braquial foi registrada, sendo os valores encontrados para cada repetição submetidos a uma análise de regressão linear. Como cada voluntário realizou um número diferente de repetições, esse procedimento foi realizado para que eles pudessem ser comparados no mesmo tempo percentual. Foram encontrados os valores da integral da atividade eletromiográfica relativos a cada 10% do tempo sob tensão (TST) de cada série (%iEMG). Então, foram comparadas as médias dos %iEMG obtidas em cada tempo entre os dois protocolos utilizando a ANOVA two-way com medidas repetidas (fator 1 – protocolo; fator 2 – tempo). O %iEMG foi maior no protocolo 4-2 que no protocolo 2-4 após 70%TST, na primeira série; e após 80%TST, na segunda série para o músculo peitoral maior. Entretanto, ao longo da terceira série para esse músculo, bem como ao longo das três séries para o músculo tríceps braquial, não houve diferença significativa entre os protocolos. Em protocolos de treinamento que diferem somente pela duração das ações musculares, há um aumento mais acelerado do %iEMG no protocolo com maior duração da ação muscular concêntrica. Além disso, os dois músculos estudados responderam de maneira diferente aos mesmos protocolos.

Palavras-chave: efeito agudo, ação muscular concêntrica, ação muscular excêntrica, sinal eletromiográfico, durante as séries.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

QUADRO 1	- Delineamento experimental do estudo e configuração dos protocolos de treinamento	14
FIGURA 1	- Equipamento de musculação utilizado no estudo.....	17
FIGURA 2	- Posicionamento e fixação do eletrogoniômetro	19
FIGURA 3	- Posicionamento dos eletrodos de superfície.....	23
GRÁFICO 1	- Percentual da integral da eletromiografia normalizada do músculo peitoral maior ao longo do tempo durante a primeira série.....	31
GRÁFICO 2	- Percentual da integral da eletromiografia normalizada do músculo peitoral maior ao longo do tempo durante a segunda série.....	32
GRÁFICO 3	- Percentual da integral da eletromiografia normalizada do músculo peitoral maior ao longo do tempo durante a terceira série.....	33
GRÁFICO 4	- Percentual da integral da eletromiografia normalizada do músculo tríceps braquial ao longo do tempo durante a primeira série.....	34

GRÁFICO 5	_	Percentual da integral da eletromiografia normalizada do músculo tríceps braquial ao longo do tempo durante a segunda série.....	35
GRÁFICO 6	_	Percentual da integral da eletromiografia normalizada do músculo tríceps braquial ao longo do tempo durante a terceira série.....	36

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- Caracterização da amostra	16
TABELA 2	- Dados descritivos (média e desvio padrão), coeficientes de correlação intraclassa (CCI) e erro padrão da medida (EPM) referentes aos dados obtidos no teste de CIVM	25
TABELA 3	- Duração das ações musculares excêntrica e concêntrica nos protocolos A e B ao longo das séries	27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NMR	- Número máximo de repetições
LAMUSC	- Laboratório do Treinamento na Musculação
1RM	- 1 repetição máxima
CIVM	- Contração isométrica voluntária máxima
MÁX	- Máximo
EEFFTO	- Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
UFMG	- Universidade Federal de Minas Gerais
SENIAM	- <i>Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles</i>
iEMG _{pico}	- Integral do sinal eletromiográfico obtida no pico da CIVM
CCI	- Coeficiente de correlação intraclasse
EPM	- Erro padrão da medida
iEMG _N	- Integral do sinal eletromiográfico normalizada
CAE	- Ciclo de alongamento e encurtamento

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.2 Objetivo	13
1.3 Hipóteses	13
2. MATERIAIS E MÉTODOS	14
2.1 Delineamento experimental	14
2.2 Amostra	15
2.3 Equipamentos	16
2.4 Procedimentos	18
2.4.1 Padronização da posição para realização do exercício	19
2.4.2 Teste de 1RM	20
2.4.3 Familiarização ao controle da duração das ações musculares	21
2.4.4 Sessão de coleta 3 e 4: Testes de CIVM e protocolos de treinamento	22
2.4.5 Posicionamentos dos eletrodos para captação do sinal eletromiográfico	22
2.4.6 Teste de CIVM	24
2.5 Protocolos de treinamento	25
2.6 Variáveis mensuradas	28
2.7 Número máximo de repetições	28
2.8 Integral do sinal eletromiográfico normalizada	28
2.9 Regressão linear	29
2.10 Análise estatística	29
3. RESULTADOS	31
3.1 Integral do sinal eletromiográfico normalizada	31
4. DISCUSSÃO	37
4.1 Limitações do estudo	40
5. CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	42
APÊNDICE 1	49
ANEXO 1	52

1. INTRODUÇÃO

O treinamento de força na musculação resulta em adaptações crônicas, tais como, aumento da força, aumento da massa muscular magra, diminuição do percentual de gordura, e melhor desempenho nas tarefas cotidianas ou esportivas (ACSM, 2009; FRONTERA; SLOVIK; DAWSON, 2006). Essas adaptações ocorrem por meio da manipulação de variáveis intervenientes ao treinamento, tais como, o número de séries, número de repetições, pausa, intensidade, duração das ações musculares, entre outras (ROBINSON *et al.*, 1995; PEREIRA; GOMES; BHAMBHANI, 2007).

Logo, o estudo dessas variáveis tem sido o foco de pesquisas na área das Ciências do Esporte (KRAEMER; RATAMES, 2004; CHAGAS; LIMA, 2013), sendo que investigações envolvendo a duração das ações musculares e seu efeito agudo no organismo ainda carece ser esclarecido. Goto *et al.* (2009) utilizaram quatro diferentes protocolos de treinamento, um protocolo com a ação concêntrica lenta (5s de concêntrica e 1s de excêntrica), outro em que a ação excêntrica tinha a maior duração (1 s de concêntrica e 5 s de excêntrica). Nesse estudo, foram encontradas maiores concentrações de cortisol e lactato no protocolo com ação concêntrica lenta (5-1), quando comparado ao protocolo em que a excêntrica tinha a maior duração (1-5). No entanto não houve uma análise eletromiográfica nesse estudo, o que esclareceria a compreensão sobre o nível de ativação muscular, já que o sinal eletromiográfico (EMG) é uma ferramenta que possibilita a obtenção de uma estimativa da atividade elétrica no músculo (KONRAD, 2005).

Desta forma o estudo de Goto *et al.* (2008), ao utilizar a EMG, verificou um EMG mais constante durante o protocolo denominado LS (duração de cada ação muscular, concêntrica e excêntrica era de 3 s e a intensidade de 40% de uma repetição máxima (1RM)) em relação aos protocolos HN (duração de cada

ação muscular, concêntrica e excêntrica de 1 s e a intensidade de 80% de 1RM) e LN (duração de cada ação muscular, concêntrica e excêntrica de 1 s e intensidade de 40% de 1RM). Ainda, os protocolos HN e LN apresentaram padrão do EMG semelhantes. Também foram observados aumentos significativos de adrenalina, noradrenalina e GH no protocolo LS em relação aos protocolos HN e LN. Entretanto, nesse estudo foi realizada somente uma análise qualitativa do sinal EMG, não sendo reportados valores da integral do EMG, que refletiria a ativação muscular dentro de um determinado intervalo de tempo. (CORREIA ; MIL-HOMENS, 2004)

Nessa perspectiva, Machado (2012) avaliou o sinal EMG em resposta a dois protocolos de treinamento que diferiam somente pela duração das ações musculares: protocolo 2-4, em que a duração das ações musculares concêntrica e excêntrica era de 2s e 4s, respectivamente; e protocolo 4-2, em que a duração das ações musculares concêntrica e excêntrica era de 4s e 2s, respectivamente. Ambos os protocolos apresentavam três séries do número máximo de repetições, pausa de três minutos entre cada série e intensidade de 60% de 1RM. Nesse estudo compararam-se as médias de cada série entre cada protocolo, e apesar de haver interação significativa entre os fatores protocolo e série, os resultados encontrados mostraram que não houve diferença entre as séries, quando as três séries foram comparadas. Entretanto, esta análise não nos permite avaliar se o comportamento do EMG ao longo de uma mesma série foi semelhante, ou não, para os dois protocolos.

Partindo da possibilidade de que a duração das ações musculares possa influenciar o comportamento da eletromiografia ao longo de uma mesma série, dois raciocínios podem ser desenvolvidos. Por um lado, é possível que uma maior duração da ação concêntrica em um protocolo com a mesma duração da repetição resulte em um aumento mais rápido da amplitude do sinal EMG ao longo da série quando comparado a protocolos com menor duração dessa ação, já que as ações musculares concêntricas apresentam maior resposta

eletromiográfica e maior demanda metabólica quando comparadas com a excêntrica (DUCHATEAU; ENOKA, 2008; DUCLAY; PASQUET; DUCHATEAU, 2011; TESCH, 1990). Por outro lado, uma maior duração da ação muscular concêntrica permite que o movimento seja realizado com menor aceleração, o que resulta, por sua vez, em uma menor demanda de força, resultando em um aumento mais lento da amplitude do sinal EMG quando comparado a protocolos com menor duração dessa ação (MANABE, SHIMADA ; OGATA; 2007).

1.2 Objetivo

- Comparar a resposta da amplitude do sinal eletromiográfico ao longo de cada série em dois protocolos de treinamento que diferem somente pela duração das ações musculares.

1.3 Hipóteses

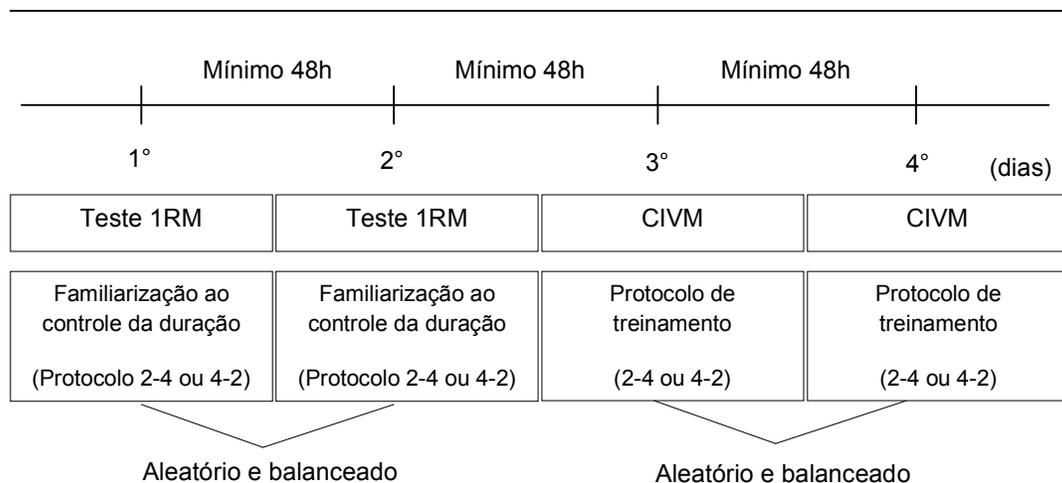
- H_0 – Não há diferença na amplitude do sinal eletromiográfico entre os protocolos.
- H_1 – A amplitude do sinal eletromiográfico aumentará mais rápido no protocolo em que a duração da ação concêntrica for maior.
- H_2 – A amplitude do sinal eletromiográfico aumentará mais lentamente no protocolo em que a duração da ação concêntrica for maior.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Delineamento experimental

No presente estudo foi utilizado um delineamento com medidas repetidas. Cada voluntário compareceu ao Laboratório do Treinamento na Musculação (LAMUSC) em quatro dias diferentes (sessões de 1 a 4), separados por um período mínimo de 48 horas. Nas sessões 1 e 2, foram realizados testes de 1RM para o exercício supino guiado e familiarização ao controle da duração das ações musculares. Nas sessões 3 e 4, foram executados testes de CIVM (contração isométrica voluntária máxima) e os protocolos de treinamento no supino guiado, durante os quais foi registrada a atividade eletromiográfica dos músculos peitoral maior e tríceps braquial. O QUADRO 1 apresenta de forma geral o delineamento experimental do estudo e a configuração dos protocolos de treinamento.

QUADRO 1
Delineamento experimental do estudo e configuração dos protocolos de treinamento



Protocolos de treinamento utilizados no estudo:

PROTOCOLO	SÉRIES	REPETIÇÃO	INTENSIDADE	DURAÇÃO*	PAUSA
2-4	3	MÁX	60% 1RM	2:4	3 min
4-2	3	MÁX	60% 1RM	4:2	3 min

1 RM: teste de uma repetição máxima. CIVM: contração isométrica voluntária máxima. MÁX: máximo. * Ação muscular concêntrica:excêntrica, respectivamente, em segundos.

Durante o período de coleta, os voluntários continuaram realizando sua rotina de treinamento na musculação. Contudo, o programa de treinamento foi adaptado com a supervisão dos pesquisadores responsáveis, de forma que eles não realizassem exercícios com as musculaturas peitoral maior, deltóide anterior e tríceps braquial no dia anterior a qualquer sessão de coleta. Todas as sessões de coleta foram realizadas no mesmo horário do dia para cada voluntário com o objetivo de reduzir as influências do ritmo circadiano no desempenho de força (DRUST *et al.*, 2005).

2.2 Amostra

A amostra foi de conveniência e composta por 19 voluntários do sexo masculino, com idades entre 20 a 29 anos, 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. O primeiro contato feito por meio de cartazes ou pessoalmente.

Os critérios de inclusão da amostra foram:

- praticantes de musculação há pelos menos seis meses, ininterruptamente;
- levantar, no teste de 1RM, uma massa maior que a sua própria massa corporal (KEOGH *et al.*, 1999).
- não possuir histórico de lesões ósseas e musculotendíneas nas articulações do ombro, cotovelo e punho.

Os critérios para exclusão da amostra foram:

- livre e espontânea vontade do voluntário;
- não ter comparecido aos locais de coleta no dia e hora programados;
- relatar ter praticado exercícios de musculação que envolvessem o peitoral maior, tríceps braquial e deltóide anterior no dia anterior a cada sessão de coleta;

- não ter cumprido as durações da ação muscular estipuladas para o presente estudo;
- não ter cumprido as orientações de manutenção das marcas de posicionamento dos eletrodos e do eletrogoniômetro.

Na TAB. 1 estão apresentadas as características da amostra (n=19).

TABELA 1
Caracterização da amostra (n=19)

Variáveis	Média	Desvios padrão	Valores mínimos	Valores máximos
Idade (anos)	24,6	2,9	20,6	29,9
Massa corporal (kg)	78,0	9,1	61,3	91,7
Estatura (cm)	174,9	6,8	159,0	186,0
Valor do 1RM (kg)	90,8	15,1	67,4	122,7
60% de 1RM (kg)	54,7	8,9	41,3	73,7

Na primeira sessão de coleta, os voluntários receberam todas as informações quanto aos objetivos e aos procedimentos metodológicos. Eles deram seu consentimento por escrito para participação neste estudo e estavam cientes de que a qualquer momento poderiam deixar de participar da pesquisa (APÊNDICE 1). Toda a coleta de dados foi realizada no LAMUSC da EEFPTO da UFMG. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (parecer ETIC 0278.0.203.000-10; ANEXO 1).

2.3 Equipamentos

Todas as sessões de coleta foram realizadas em um equipamento de musculação constituído de uma barra guiada e um banco reto de posicionamento ajustável (FIG. 1). Para o ajuste da resistência externa a ser vencida pelos voluntários, foram utilizadas diversas anilhas de massas conhecidas, sendo a massa de todas mensurada numa balança digital com precisão 0,01kg. Estas anilhas, juntamente com a barra (massa de 20kg), representam uma carga mecânica que se opõe ao movimento dos segmentos

corporais, sendo “peso” o termo genérico utilizado para definir as resistências mecânicas no treinamento na musculação.



Figura 1 - Equipamento de musculação utilizado no estudo.

Fonte: Arquivo de fotos do LAMUSC.

Foi utilizado um eletrogoniômetro (NORAXON, Estados Unidos), fixado no cotovelo dos voluntários, para o registro da amplitude de movimento articular. A atividade eletromiográfica dos músculos peitoral maior e tríceps braquial foi registrada por meio de um equipamento de eletromiografia de superfície (BIOVISION, Alemanha), sendo os eletrodos configurados com um ganho de 500 vezes.

As informações do eletrogoniômetro e do eletromiógrafo foram sincronizadas e convertidas em sinais digitais por uma placa A/D (BIOVISION, Alemanha) com faixa de entrada de -5 à +5 Volts e direcionadas a um computador *laptop* (HEWLETT-PACKARD, Estados Unidos) alimentado por bateria. Para a aquisição e tratamento dos sinais, foi utilizado um programa específico (DASYLAB 11.0, Irlanda), calibrado com frequência de amostragem de 1000 Hz.

Durante a realização dos protocolos de familiarização (sessões 1 e 2) e de treinamento (sessões 3 e 4), um metrônomo, ajustado para fornecer um sinal sonoro (“bipe”) a cada segundo, foi utilizado para ajudar os voluntários a controlarem as durações das ações musculares. No início de cada série, uma contagem verbal era feita por um dos pesquisadores com o objetivo de sincronizar o início do movimento com o sinal do metrônomo. Dessa forma, os voluntários eram instruídos para que, ao longo da série, mantivessem o movimento da barra sincronizado com os sinais do metrônomo.

2.4 Procedimentos

Sessões de coleta 1 e 2: Padronizações do equipamento, teste de 1RM e familiarização ao controle da duração das ações musculares

Na sessão de coleta 1, foram esclarecidos todos os procedimentos aos voluntários e depois solicitado que eles lessem e assinassem o termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE 1). Em seguida, os voluntários responderam a uma anamnese constituída por questões referentes ao atual treinamento na musculação que eles estavam realizando.

Após a anamnese, foi realizado o posicionamento do eletrogoniômetro no cotovelo esquerdo do voluntário, utilizando fitas adesivas de dupla face e faixas elásticas (FIG. 2), observando as seguintes orientações:

- a) Braço distal do eletrogoniômetro: direcionado a um ponto na metade da distância entre os processos estilóides da ulna e do rádio;
- b) Eixo de rotação do eletrogoniômetro: posicionado na projeção do epicôndilo lateral do úmero;
- c) Braço proximal do eletrogoniômetro: direcionado ao eixo de rotação da cabeça do úmero.



Figura 2 - Posicionamento e fixação do eletrogoniômetro.

FONTE: Arquivo de fotos do LAMUSC.

Para garantir a reprodutibilidade das medidas do eletrogoniômetro, foram feitas marcações com caneta semipermanente no membro superior esquerdo do voluntário, de forma que o equipamento pudesse ser novamente posicionado no local mais próximo possível em todas as sessões de coleta. Todos os dias, a fixação do eletrogoniômetro foi realizada sempre pelo mesmo pesquisador.

A sessão de coleta 2 iniciou com a mensuração das medidas antropométricas dos voluntários. Foi realizada a mensuração da massa corporal e da estatura do voluntário, utilizando para isto uma balança com um estadiômetro acoplado. A balança tinha uma precisão de 0,1kg e o estadiômetro de 0,5m.

2.4.1 Padronização da posição para realização do exercício

A padronização da posição do voluntário para a realização do exercício supino guiado foi realizada na primeira visita do voluntário ao laboratório. Em todas as sessões de coleta, a amplitude de movimento da barra e as posições da mão na barra, do corpo no banco e do banco em relação ao restante da estrutura fixa do equipamento foram controladas para garantir a padronização individual.

A padronização da posição do voluntário foi efetuada durante a realização de 10 repetições sem peso adicional na barra, quando foi solicitado ao voluntário que ajustasse a posição das mãos na barra e do corpo no banco da maneira

mais confortável para a realização do exercício supino. Depois de realizadas as 10 repetições, a posição de cada voluntário era marcada com fita adesiva na própria barra (posição das mãos) e no banco (posição do tronco). Em todas as outras sessões de coleta, os voluntários repetiam essas 10 repetições sem peso adicional.

A amplitude de movimento foi determinada pelos limites superior e inferior da trajetória da barra. O limite superior foi indicado pela extensão completa dos cotovelos, sem a realização da abdução da escápula, podendo ser visualizado pelo voluntário por meio de uma régua metálica ajustável, posicionada acima da barra. O limite inferior foi indicado por um pequeno anteparo de borracha (12 x 6 x 1cm) posicionado no peito, acima do osso esterno e preso por uma fita elástica. Por meio da análise da amplitude de movimento obtida pelo eletrogoniômetro, o deslocamento angular excêntrico e concêntrico não apresentou diferença significativa entre os dois protocolos ($F = 1,0$ e $p = 0,332$).

2.4.2 Teste de 1RM

Na sessão 1 foi realizado o teste de 1RM com o propósito de familiarizar os voluntários com o protocolo adotado para o teste. Na sessão de coleta 2, foi realizado o teste de 1RM novamente, sendo estes os valores considerados para o posterior cálculo da intensidade utilizada no protocolo de treinamento. Foram utilizadas as seguintes orientações para a aplicação do teste de 1RM (CHAGAS; DINIZ; LIMA, 2006; LIMA *et al.*, 2006):

- Número máximo de seis tentativas sendo que, nas sessões 1 e 2, foram gastas, em média, $3,3 \pm 1,2$ e $3,1 \pm 0,9$ tentativas para se determinar o 1RM, respectivamente;
- Duração da pausa de cinco minutos;
- Progressão gradual do peso mediante percepção dos voluntários e dos avaliadores. Todos os voluntários tentaram realizar pelo menos uma repetição com um peso aproximado de 2kg (valor do menor aumento realizado) maior que o valor do 1RM. Este procedimento vem sendo

adotado no nosso laboratório como uma forma de certificar que o voluntário realmente alcançou o peso máximo que ele poderia deslocar.

O mesmo protocolo e as recomendações já utilizados na familiarização ao teste (sessão 1) foram também adotados na sessão 2. Cada tentativa no teste de 1RM seguiu a mesma sequência: após o posicionamento do voluntário no equipamento conforme sua padronização individual, dois avaliadores levantaram a barra para que o indivíduo se posicionasse com os cotovelos estendidos. Os avaliadores soltaram a barra gradualmente e o voluntário realizou uma ação muscular excêntrica – descendo a barra até o anteparo posicionado sobre o esterno – seguida de uma ação muscular concêntrica – até estender novamente os cotovelos. Os avaliadores, então, seguraram novamente a barra. O peso na barra foi progressivamente aumentado até que não fosse possível finalizar uma ação concêntrica. Desta forma, o valor de 1RM correspondeu ao peso levantado na tentativa anterior.

2.4.3 Familiarização ao controle da duração das ações musculares

Nas sessões de coleta 1 e 2, após os testes de 1RM, foi dado um intervalo de descanso de 10 minutos aos voluntários. Em seguida, eles realizaram uma familiarização ao controle da duração das ações musculares para que elas fossem executadas adequadamente nas sessões 3 e 4. Os voluntários realizaram um protocolo de treinamento no exercício supino guiado, constituído de três séries de seis repetições com 60% do valor do 1RM obtido no dia e com três minutos de pausa entre as séries. Em cada uma das sessões de familiarização, os voluntários realizaram esse protocolo de treinamento com uma das durações das ações musculares estipuladas para o presente estudo: 2s para a ação muscular concêntrica e 4s para a ação muscular excêntrica (adotada no protocolo 2-4) e 4s para a ação muscular concêntrica e 2s para a ação muscular excêntrica (adotada no protocolo 4-2). A ordem para a realização dos protocolos de familiarização das durações das ações musculares foi determinada de forma aleatória e balanceada, sendo também seguida nas sessões 3 e 4.

Um *feedback* do valor da duração de cada ação muscular efetivamente realizada era fornecido imediatamente a um dos pesquisadores por meio do programa utilizado para aquisição dos dados. Quando necessário, o pesquisador orientava o voluntário a corrigi-la durante e após a realização de cada série.

2.4.4 Sessão de coleta 3 e 4: Testes de CIVM e protocolos de treinamento

Nas sessões de coleta 3 e 4, foram realizados os testes de CIVM e os protocolos de treinamento no exercício supino guiado. Todas as padronizações utilizadas nas sessões anteriores, relativas ao posicionamento do voluntário e do eletrogoniômetro assim como a amplitude de deslocamento da barra, foram mantidas na execução dos protocolos de treinamento. Nas sessões 3 e 4, foram realizados os seguintes procedimentos em ordem cronológica:

- Posicionamento do eletrogoniômetro e dos eletrodos para captação do sinal eletromiográfico;
- Execução de dez repetições com a barra sem peso adicional;
- Teste de CIVM;
- Período de recuperação de 10 minutos;
- Execução do protocolo de treinamento.

2.4.5 Posicionamentos dos eletrodos para captação do sinal eletromiográfico

Eletrodos de superfície do tipo Ag/AgCl (3M-2223, Brasil), com área de captação de aproximadamente 1cm^2 , foram posicionados na direção das fibras musculares do peitoral maior (porção esternal) e do tríceps braquial (porção da cabeça longa), ambos no lado direito do voluntário. Previamente à colocação dos eletrodos, a área da pele foi tricotomizada, limpada com álcool e algodão, friccionando fortemente o algodão no local a fim de se garantir a limpeza e uma

redução da impedância da pele (PINCIVERO *et al.*, 2006). Os eletrodos foram posicionados aos pares com uma distância centro a centro de 2cm.

No músculo peitoral maior (FIG. 3A), os eletrodos foram posicionados horizontalmente sobre porção esternal, onde foi identificado o ponto de maior ventre muscular enquanto o voluntário mantivesse o braço próximo ao tronco, como já realizado em outros estudos (KEOGH *et al.*, 1999; LAGALLY *et al.*, 2004). Para o músculo tríceps braquial (FIG. 3B), foram seguidas as orientações de posicionamento recomendadas pela organização europeia SENIAM (*Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles*). Primeiramente, determinou-se um ponto que correspondesse à metade da distância entre a crista posterior do acrômio e o olécrano. Logo em seguida, os eletrodos foram posicionados na porção longa do tríceps braquial, em torno de 3 cm medialmente ao ponto previamente determinado. Quando necessário, ajustes foram realizados para que os eletrodos permanecessem posicionados sobre a área do maior ventre muscular. O eletrodo terra foi fixado no olécrano (FIG. 3B). Assim como realizado para o eletrogoniômetro, foram feitas marcações com caneta semipermanente ao redor dos eletrodos, de forma que eles pudessem ser fixados no mesmo local nos dois dias da realização do protocolo de treinamento. As marcações e o posicionamento dos eletrodos foram também realizados sempre pelo mesmo pesquisador.

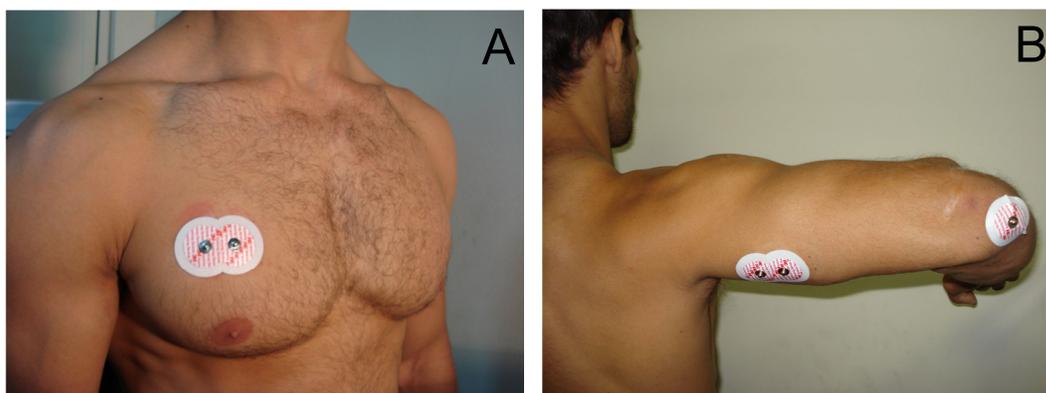


Figura 3 - Posicionamento dos eletrodos de superfície. A) Eletrodos fixados no peitoral maior (porção esternal). B) Eletrodos fixados no tríceps braquial (cabeça longa) e no olécrano (terra).

Fonte: Arquivo de fotos do LAMUSC.

2.4.6 Teste de CIVM

Nas sessões de coleta 3 e 4, os indivíduos realizaram o teste de contração isométrica voluntária máxima, constituído por três tentativas, cada uma com duração de cinco segundos, respeitando uma pausa de dois minutos entre as tentativas. Este procedimento é semelhante aos de outros trabalhos que utilizaram a CIVM considerando diferentes grupos musculares (CACCHIO *et al.*, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2009). Em cada tentativa, o voluntário se posicionava para a realização do exercício supino guiado, mantendo o tronco e as mãos de acordo com as padronizações previamente estabelecidas para o presente estudo. O cotovelo permaneceu flexionado à aproximadamente 90°, sendo este ângulo determinado pelo eletrogoniômetro. Após dado o sinal verbal pelo pesquisador, o voluntário realizou o máximo de força contra a barra guiada, que foi fixada para que não houvesse a possibilidade de ser movimentada.

Durante os testes foram registrados o sinal eletromiográfico dos músculos peitoral maior e tríceps braquial. Para cada uma das três tentativas foi calculada a integral do sinal eletromiográfico ($iEMG_{pico}$), em janela única de 1s, sendo esta determinada por 0,5s antes e após o pico de ativação encontrado durante a ação muscular isométrica de 5s.

O teste de CIVM foi realizado com o objetivo de obter um valor de referência da ativação voluntária dos músculos testados para posterior normalização dos dados referentes às sessões 3 e 4. Para a normalização dos dados eletromiográficos dos protocolos de treinamento, utilizou-se o maior valor da $iEMG_{pico}$ alcançado nas seis tentativas de CIVMs realizadas nas sessões 3 e 4. Desta forma, os dados eletromiográficos do protocolo de treinamento foram normalizados por um único valor de $iEMG_{pico}$ que correspondeu à maior ativação alcançada pelo voluntário durante a execução dos dois testes de CIVM.

Para averiguar se os valores de $iEMG_{pico}$ entre os dias de coleta foram reprodutíveis, a confiabilidade intersessão da $iEMG_{pico}$ foi verificada por meio do cálculo do coeficiente de correlação intraclasse (CCI), modelo (3,1), juntamente com o erro padrão da medida (EPM). Esses procedimentos estatísticos foram realizados no programa SPSS 15.0. Dois voluntários foram excluídos dessa análise por serem considerados *outliers* em relação ao grupo.

Na TAB. 2 estão apresentados os dados descritivos da $iEMG_{pico}$ obtidos nos testes de CIVM, bem como os valores do CCI e EPM na situação inter-sessão. Todos os valores do CCI foram significantes ($p < 0,05$).

TABELA 2
Dados descritivos (média e desvio padrão), coeficientes de correlação intraclasse (CCI) e erro padrão da medida (EPM) referentes aos dados obtidos no teste de CIVM.

Situação	Média ($\mu V/s$)	Desvios padrão	CCI _(3,1)	EPM ($\mu V/s$)
Peitoral $iEMG_{pico}$ (protocolo 2-4)	358,0	131,2	0,81	60,7
Peitoral $iEMG_{pico}$ (protocolo 4-2)	379,8	159,9		
Tríceps $iEMG_{pico}$ (protocolo 2-4)	248,0	132,6	0,76	68,8
Tríceps $iEMG_{pico}$ (protocolo 4-2)	260,3	152,3		

2.5 Protocolos de treinamento

As configurações dos protocolos de treinamento foram determinadas a partir de recomendações para o treinamento encontradas na literatura. A intensidade de 60% de 1RM, três séries, número máximo de repetições, pausas de três minutos e 6s de duração da repetição caracterizam um estímulo de treinamento que se encontra dentro de valores de referência quando o objetivo do treinamento de força é enfatizar adaptações morfológicas (ACSM, 2009; BIRD *et al.*, 2005; FRY, 2004; GÜLLICH; SCHMIDTBLEICHER, 1999; KRAEMER; RATAMESS, 2004; WERNBOM *et al.*, 2007).

Com relação à escolha das durações das ações musculares, adotou-se, para o protocolo A, valores usualmente prescritos em programas de treinamento de força na musculação (HEADLEY *et al.*, 2011), de acordo com a descrição abaixo:

- Protocolo 2-4: 6s = 2 segundos para a ação muscular concêntrica e 4 segundos para a ação muscular excêntrica.

Para que a duração da repetição fosse a mesma nos dois protocolos (6s), os valores adotados para o protocolo 4-2 foram:

- Protocolo 4-2: 6s = 4 segundos para a ação muscular concêntrica e 2 segundos para a ação muscular excêntrica.

O registro da duração de cada ação muscular foi realizado nos protocolos de treinamento e de familiarização a partir do eletrogoniômetro. Após ter sido armazenado, o dado bruto do eletrogoniômetro foi convertido em deslocamento angular e filtrado por meio de um filtro de 4ª ordem do tipo *Butterworth*, passa-baixa com frequência de corte de 10Hz. O tempo gasto entre o maior e menor valor de deslocamento angular em cada repetição foi considerado como duração das ações musculares. Assim, permitiu-se quantificar o tempo despendido durante a realização dos movimentos de flexão (período compreendido entre o menor e o maior valor de deslocamento angular) e extensão do cotovelo (período compreendido entre o maior e o menor valor de deslocamento angular) que correspondeu às durações das ações musculares excêntrica e concêntrica, respectivamente.

Para comparar a duração das ações musculares excêntrica e concêntrica nas sessões de treinamento 3 e 4, foi utilizada a ANOVA three-way com medidas repetidas (fator 1 – protocolo; fator 2 – série; fator 3 - ação muscular), seguido pelo post hoc Scheffé. Esses procedimentos estatísticos foram realizados no programa STATISTICA 7.0.

A análise da duração média das ações musculares excêntrica e concêntrica mostrou que não houve diferença entre as durações quando as três séries foram comparadas ($F = 0,2$ e $p = 0,820$). Houve interação significativa entre os fatores protocolo e ação muscular ($F = 5651,5$ e $p < 0,001$), sendo que todas as ações musculares excêntricas do protocolo 2-4 foram maiores que as ações musculares excêntricas do protocolo 4-2 e todas as ações musculares concêntricas do protocolo 4-2 foram maiores que as ações musculares

concêntricas do protocolo 2-4. Sendo assim, o uso do metrônomo auxiliou no controle das durações das ações musculares de forma satisfatória.

TABELA 3

Duração das ações musculares excêntrica e concêntrica (s) nos protocolos 2-4 e 4-2 ao longo das séries.

	PROTOCOLO 2-4		PROTOCOLO 4-2	
	CONCÊNTRICA	EXCÊNTRICA	CONCÊNTRICA	EXCÊNTRICA
SÉRIE 1	2,1 ($\pm 0,1$) [§]	4,0 ($\pm 0,1$) [*]	3,9 ($\pm 0,1$)	2,1 ($\pm 0,1$) ^{* &}
SÉRIE 2	2,0 ($\pm 0,1$) [§]	4,0 ($\pm 0,1$) [*]	3,8 ($\pm 0,1$)	2,2 ($\pm 0,1$) ^{* &}
SÉRIE 3	2,1 ($\pm 0,1$) [§]	4,0 ($\pm 0,1$) [*]	3,8 ($\pm 0,2$)	2,2 ($\pm 0,2$) ^{* &}

Dados expressos como média (\pm desvios padrão).

* Diferente da ação muscular concêntrica, no mesmo protocolo ($p < 0,05$);

§ Diferente da ação muscular concêntrica do protocolo 4-2 ($p < 0,05$);

& Diferente da ação muscular excêntrica do protocolo 2-4 ($p < 0,05$);

Durante a execução dos protocolos de treinamento, a série foi interrompida e a sessão de coleta desconsiderada caso o voluntário, durante duas repetições seguidas: não conseguisse manter a duração estabelecida para cada ação muscular, realizasse uma amplitude de movimento incompleta (não estender os cotovelos e/ ou não encostar a barra no anteparo de borracha posicionado sob o esterno) ou algum tipo de movimento acessório que pudesse ocasionar algum risco de lesão.

2.6 Variáveis mensuradas

Durante as duas sessões de treinamento foram mensurados o número de repetições realizado em cada série e a atividade eletromiográfica dos músculos peitoral maior e tríceps braquial.

2.7 Número máximo de repetições

O número de repetições que o indivíduo realizou com a carga de treinamento pré-determinada foi registrado durante a realização dos protocolos de treinamento, sendo que o critério adotado para determinação do final da série foi a “falha concêntrica”. Assim, como cada repetição iniciou-se com a ação excêntrica, foi solicitado aos voluntários que realizassem o movimento do exercício supino até que não fosse mais possível completar uma ação muscular concêntrica. Neste momento, foi considerado como o NMR, o número de repetições completas realizadas, descartando-se a última ação excêntrica.

2.8 Integral do sinal eletromiográfico normalizada

A atividade eletromiográfica dos músculos peitoral maior e tríceps braquial foi registrada durante a realização dos protocolos de treinamento (sessão 3 e 4). Depois de armazenados, todos os dados foram filtrados com filtro passa-faixa (20-500 Hz) de 2ª ordem do tipo Butterworth, retificados (full-wave) e separados para cada repetição. Os dados retificados de cada repetição foram integrados e divididos pela sua própria duração, resultando em uma média do sinal eletromiográfico, com base temporal de 1s. Esses valores foram posteriormente divididos pela $iEMG_{pico}$ obtida na CIVM e, em seguida, multiplicados por 100. Sendo assim, foram gerados valores percentuais da atividade eletromiográfica de cada repetição, denominados integral do sinal eletromiográfico normalizada ($iEMG_N$). Esse processamento dos dados

eletromiográficos foi realizado conforme descrito nos estudos de Pincivero et al. (2000, 2006, 2008) e Manabe *et al.* (2007).

2.9 Regressão linear

Devido à tarefa proposta aos indivíduos envolver NMR, cada voluntário realizou diferentes NMRs em cada série nos dois protocolos. Sendo assim, optou-se por avaliar o sinal EMG por meio do tempo total sob tensão de cada série a fim de que todos os voluntários fossem comparados no mesmo tempo percentual. Para tanto, foi feita uma regressão linear tendo como base os valores da iEMG encontradas para cada repetição, sendo encontradas retas representativas do aumento da iEMG ao longo de cada série, para cada voluntário. Nessas retas ($y = ax + b$), os valores de x e y correspondiam, respectivamente, ao TST e ao %iEMG, enquanto que os valores de a e b representariam a inclinação e a intercepção dessa reta, e foram encontrados através do valor da iEMG e do tempo total de cada repetição. Por meio dessas retas, foram encontrados os valores relativos a cada 10% do tempo sob tensão, resultando nos 10 valores do %iEMG, utilizados para análise estatística. Esse procedimento foi realizado conforme descrito por Masuda *et al.* (1999), Pincivero *et al.* (2006) e Pincivero e Gear (2000).

2.10 Análise estatística

Inicialmente verificou-se a normalidade da distribuição e homogeneidade das variâncias de todas as variáveis por meio dos testes Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente, realizados nos programas SPSS 15.0 e STATISTICA 7.0.

Então, foram comparadas as médias dos %iEMG_N obtidas em cada tempo entre os dois protocolos. Foi utilizada a ANOVA two-way com medidas repetidas (fator 1 – protocolo; fator 2 – tempo) e post hoc Tukey HDS. Adicionalmente

aos testes estatísticos, realizou-se a análise de Magnitude do Efeito para avaliar a relevância de Interação entre essas variáveis. Para a séries 2 e 3 do músculo peitoral maior, bem como, para série 1 do músculo tríceps foi necessário o uso da transformação logarítmica ($X' = \log X$), uma vez que os dados não apresentaram distribuição normal (PORTNEY; WATKINS, 2008). Esses procedimentos estatísticos foram realizados no programa STATISTICA 7.0 e os dados foram apresentados em forma de média e desvio padrão.

O nível de significância adotado para todas as análises foi de $p < 0,05$.

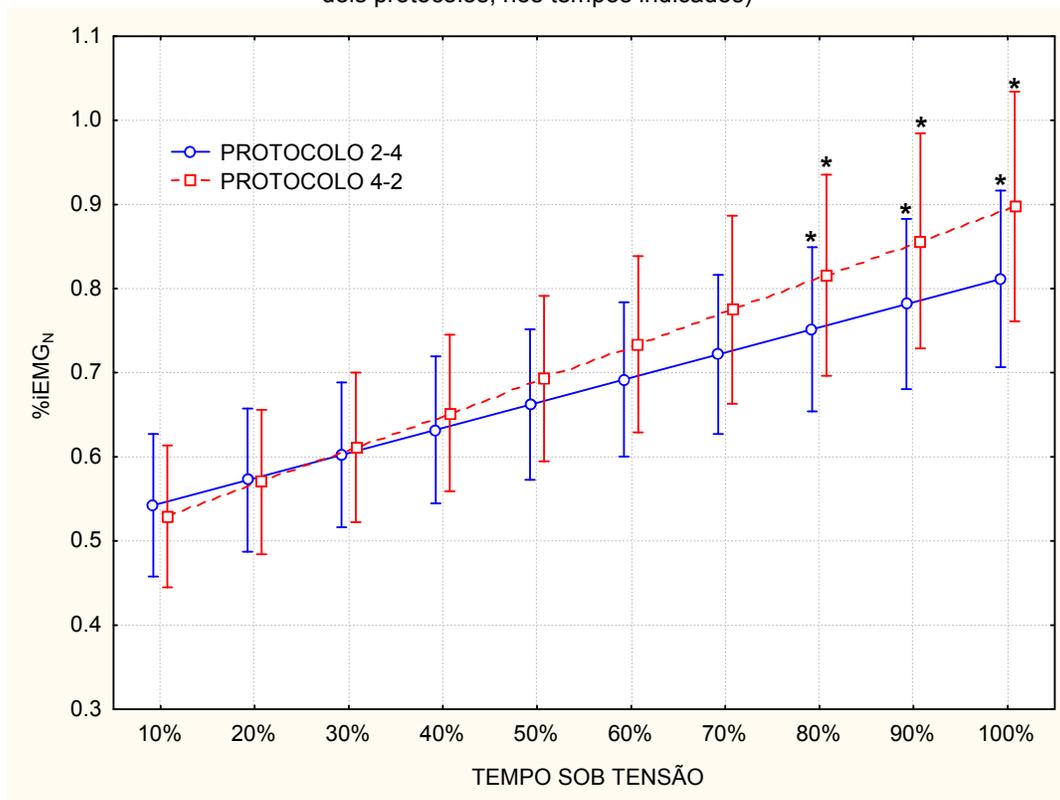
3. RESULTADOS

3.1 Integral do sinal eletromiográfico normalizada

Devido a problemas técnicos na aquisição do EMG, os dados referentes à primeira série do protocolo 4-2 de um voluntário não foram registrados. Sendo assim, a análise da $iEMG_N$, nesta situação, foi realizada com base em 18 voluntários.

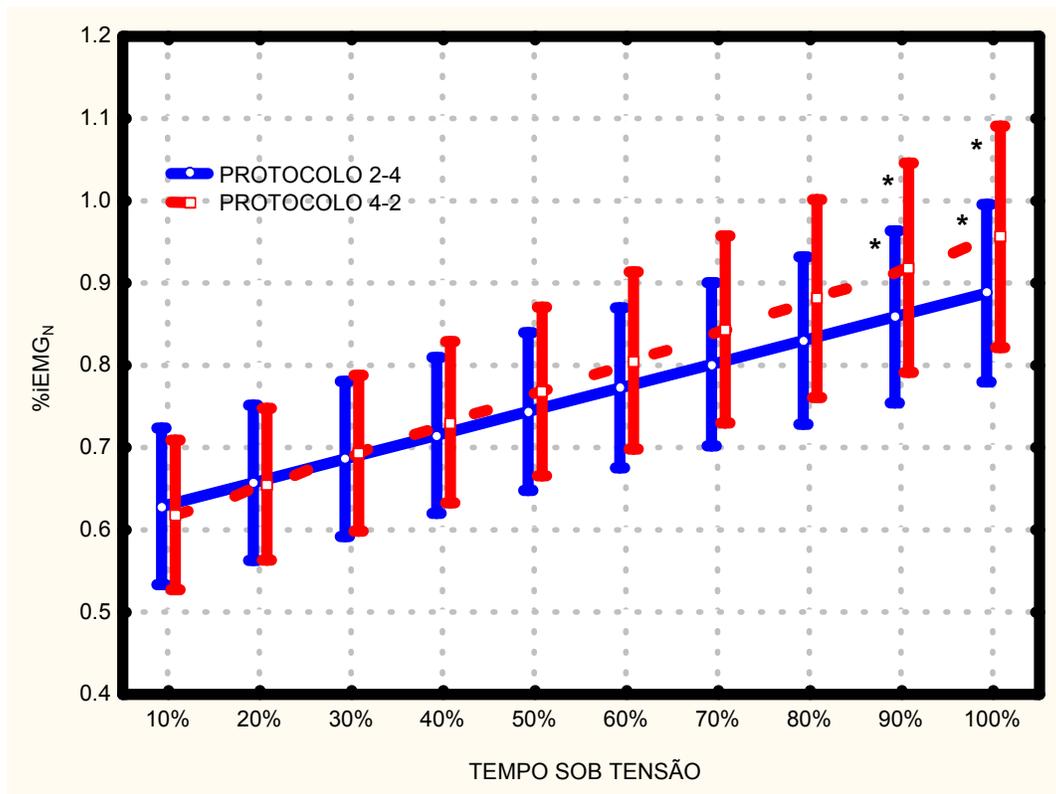
Ao comparar o $\%iEMG_N$ entre cada protocolo de treinamento durante a primeira série, no músculo peitoral maior, o $\%iEMG_N$ foi maior no protocolo 4-2 após 70%TST, como apresentado no gráfico 1, diferença significativa ($F=3,61$ e $p=0,01$).

GRÁFICO 1. Percentual da integral da eletromiografia normalizada do músculo peitoral maior ao longo do tempo durante a primeira série (* indica diferença significativa do $\%iEMG_N$ entre os dois protocolos, nos tempos indicados)



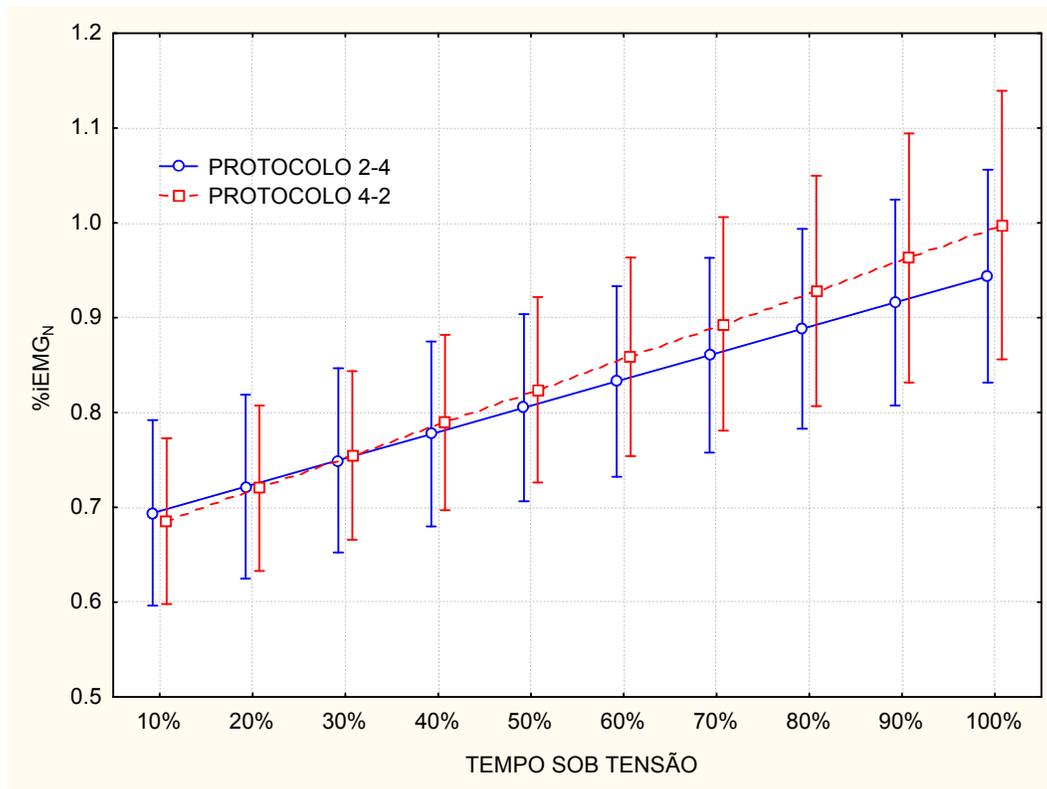
Durante a segunda série, no músculo peitoral maior, o comportamento do EMG foi semelhante entre os protocolos até 80%TST, e maior no protocolo 4-2 a partir de 90%TST. Como mostra o gráfico 2. Diferença significativa ($F=2,96$ e $p=0,01$).

GRÁFICO 2. Percentual da integral da eletromiografia normalizada do músculo peitoral maior ao longo do tempo durante a segunda série (* indica diferença significativa do %iEMG_N entre os dois protocolos)



Já ao longo da terceira série não houve diferença significativa ($F=0,79$ e $p=0,61$) no %iEMG entre os protocolos 2-4 e 4-2 para músculo peitoral maior, como mostra o gráfico3.

Gráfico 3. Percentual da integral da eletromiografia normalizada do músculo peitoral maior ao longo do tempo durante a terceira série (* indica diferença significativa do %iEMG_N entre os dois protocolos)



Também não houve diferença significativa ao analisar o %iEMG_N ao longo das três séries entre os protocolos de treinamento para o músculo tríceps braquial, sendo os gráficos 4, 5 e 6, a representação da primeira, segunda e terceira, respectivamente. (F=0,34 e p=0,95 para a primeira série, F=0,82 e p=0,59 para a segunda série e F=0,03 e p=0,99 para a terceira série).

Gráfico 4. Percentual da integral da eletromiografia normalizada do músculo tríceps braquial ao longo do tempo durante a primeira série (* indica diferença significativa do %iEMG_N entre os dois protocolos)

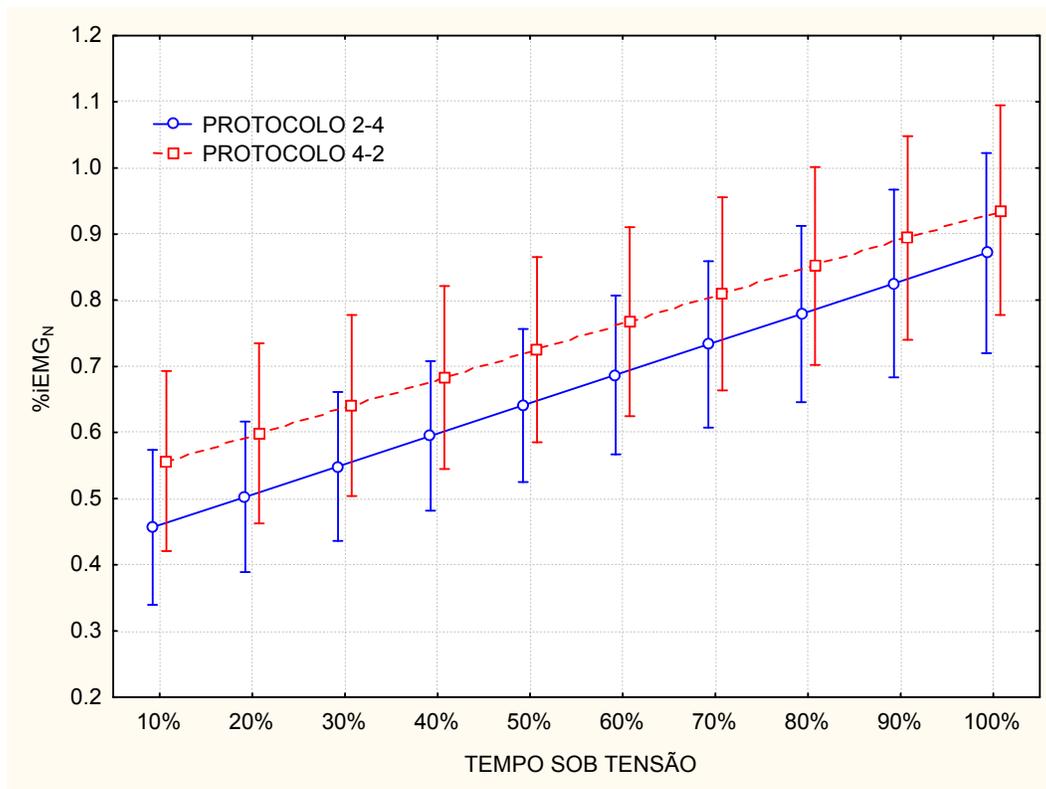


Gráfico 5. Percentual da integral da eletromiografia normalizada do tríceps braquial maior ao longo do tempo durante a segunda série (* indica diferença significativa do %iEMG_N entre os dois protocolos)

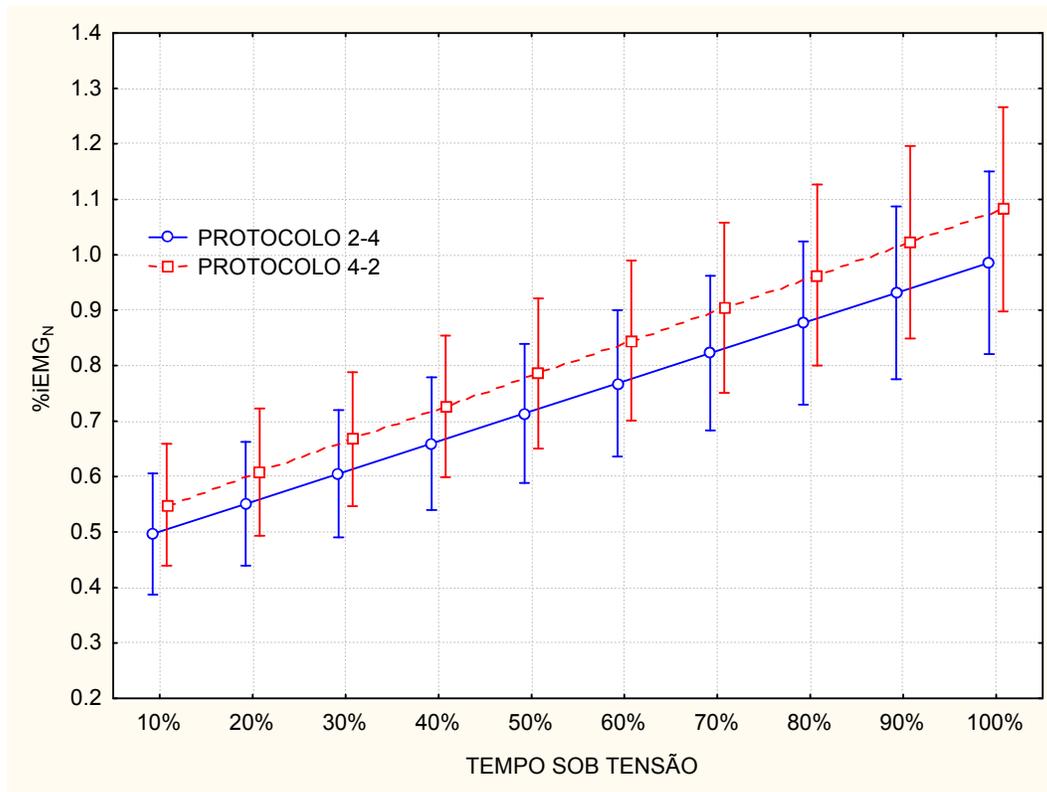
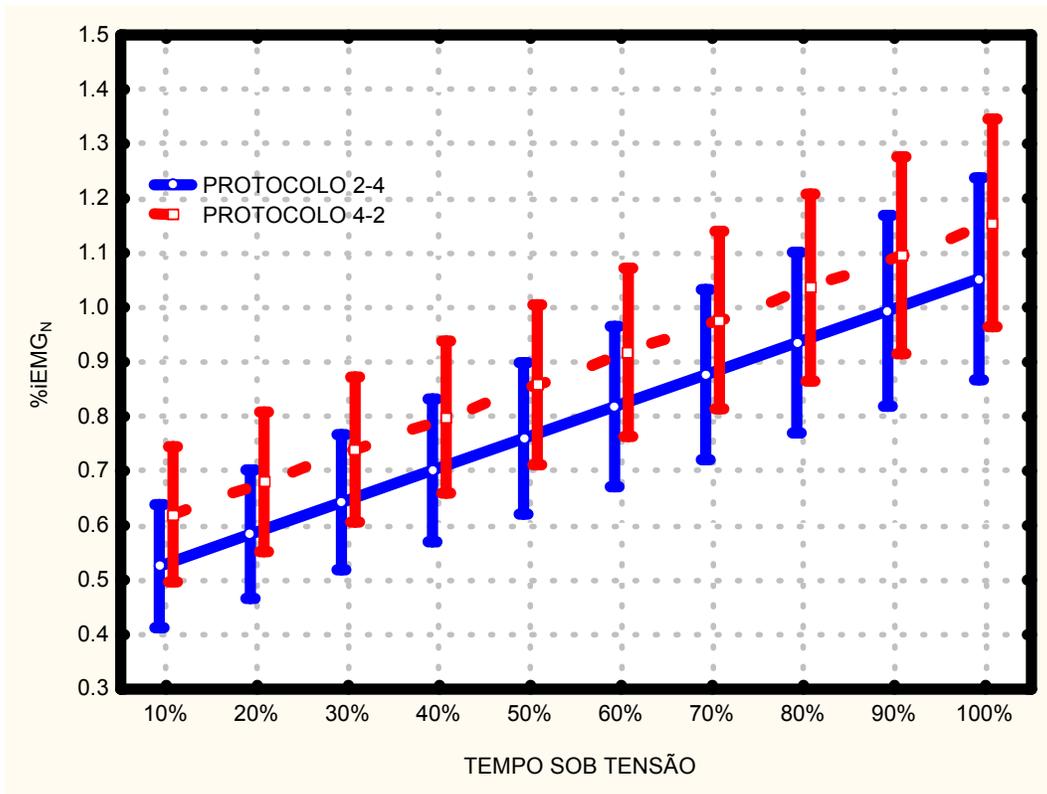


Gráfico 6. Percentual da integral da eletromiografia normalizada do músculo tríceps braquial ao longo do tempo durante a terceira série (* indica diferença significativa do %iEMG_N entre os dois protocolos)



4. DISCUSSÃO

O presente estudo mostrou maiores valores do sinal EMG no músculo peitoral maior ao final da primeira e da segunda séries; porém, durante a terceira série para o músculo peitoral maior, e ao longo das três séries no músculo tríceps braquial não foi evidenciado o mesmo comportamento. Entretanto, não foram encontrados estudos que avaliaram a resposta do sinal eletromiográfico ao longo das séries em protocolos com ações musculares concêntricas e excêntricas submetidos a uma análise de regressão linear.

O presente estudo mostrou que, para o músculo peitoral maior, o sinal EMG é maior ao longo das séries em um protocolo com maior duração da ação concêntrica quando comparado a um protocolo com menor duração desta ação. Uma possível explicação para esse resultado relaciona-se ao tempo sob tensão (TST) em que os voluntários permaneceram realizando a ação concêntrica. Como a duração da repetição foi a mesma para os dois protocolos, naquele que apresentou maior duração da ação muscular concêntrica, os indivíduos permaneceram mais tempo nessa ação que no protocolo com menor duração da ação concêntrica, o que pode ter resultado em um aumento do recrutamento de unidades motoras durante cada série, e, possivelmente, em uma frequência de estimulação mais alta das UMs. (DUCHATEAU; ENOKA, 2008; DUCLAY; PASQUET; DUCHATEAU, 2011; TESCH, 1990). Sendo assim, confirma-se parcialmente a hipótese 1.

Ao comparar os protocolos durante a terceira série para o músculo peitoral maior não houve diferença significativa. No entanto foi adotada a análise da magnitude de efeito como objetivo de identificar possíveis tendências de interação entre os protocolos. Então, foi observado um elevado valor da magnitude do efeito entre os dois protocolos ($d=1,09$), que mostra haver diferença entre eles. Considerando a normalidade do %EMG ao longo do TST e o cálculo amostral adequado ao experimento, podemos justificar o alto valor encontrado na análise da magnitude do efeito, como sendo uma variabilidade

dos valores do sinal EMG individual de cada voluntário entre os dois protocolos de treinamento.

O comportamento observado ao longo da terceira série no músculo peitoral, também foi visto ao longo das três séries no músculo tríceps braquial, em que não houve diferença significativa entre os dois protocolos, diferentemente do que foi observado ao longo das primeiras séries para o músculo peitoral maior. Atribui-se essa variação da resposta eletromiográfica entre os músculos, submetidos ao mesmo protocolo de treinamento, a diferentes respostas na ativação muscular, como mostrado em outros estudos. Brennecke *et al.* (2009), ao comparar dois protocolos com NMR, encontraram diferenças na amplitude do sinal eletromiográfico para o tríceps braquial e não encontraram diferença significativa para o músculo peitoral maior. Sakamoto e Sinclair (2012), ao comparar a amplitude do sinal eletromiográfico em protocolos com diferentes durações da repetição, encontraram diferença no efeito de interação entre os fatores intensidade do exercício e velocidade da repetição para o músculo peitoral maior, e não encontraram o mesmo para o músculo tríceps braquial. Machado (2012) justificou essa diferença entre os músculos peitoral maior e tríceps braquial como sendo variações nas estratégias utilizadas pelos voluntários para cumprir a tarefa, entretanto, essa desigualdade na ativação do tríceps braquial durante o exercício supino submetido ao mesmo protocolo de treinamento ainda não foi esclarecida.

Os dados do presente estudo não corroboram os achados de Manabe, Shimada e Ogata (2007), em que uma maior duração da ação muscular concêntrica implica em um movimento realizado com menor aceleração, resultando em um aumento mais lento do EMG. Em nenhuma das três séries, para os dois músculos analisados, o %iEMG aumentou mais lentamente no protocolo com maior duração da ação concêntrica. Esses dados refutam a hipótese 2.

Ao analisar a amplitude do %iEMG no protocolo 4-2 ao longo das séries, percebe-se maiores valores do sinal EMG, principalmente, durante a primeira e

a segunda séries no músculo peitoral maior, apresentado diferença significativa entre os protocolos apenas ao final de cada uma das duas séries. Conforme já apresentado em diversos estudos para as ações concêntricas, o recrutamento de unidades motoras é aumentado ao final de cada série. (KAY *et al.*, 2000; PINCIVERO *et al.* 2006; SAKAMOTO; SINCLAIR, 2012).

Porém, o comportamento da iEMG descrito acima, não foi observado durante a terceira série, no músculo peitoral maior, e uma possível explicação para esse acontecimento, seja que a pausa de três minutos tenha sido insuficiente para a recuperação completa do voluntário. Dessa forma, a execução da série seguinte provavelmente foi iniciada ainda em condição de fadiga, o que demandou a participação de outras unidades motoras, já que a tarefa apresentou um peso constante a ser deslocado em todas as séries. Consequentemente, foi encontrado um aumento mais rápido do %iEMG, embora a interação entre elas tenha sido significativa apenas ao fim de cada série, na primeira série apareceu com 70% do TST, na segunda série com 90% do TST e na terceira série sequer apareceu.

A mesma situação ocorreu ao analisar os dados do tríceps braquial, no qual não houve interação significativa entre os protocolos 2-4 e 4-2 durante as três séries. Então, novamente, realizou-se a análise do tamanho da magnitude do efeito, e foram encontrados valores cada vez maiores durante as três séries ($d=0,77$), ($d=0,90$) e ($d=0,93$), respectivamente. Indicando que os voluntários pode ter iniciado a série seguinte ainda em condição de fadiga.

Observou-se maiores valores de desvio padrão no músculo tríceps braquial que os valores apresentados pelo músculo peitoral maior, indicando que os valores individuais da $iEMG_N$ para o tríceps braquial apresentaram maior variação em relação à média dos grupos. A variabilidade da resposta do tríceps braquial poderia ter sido melhor entendida caso a posição dos segmentos corporais tivesse sido registrada por meio de filmagens. Isso possibilitaria verificar se os voluntários utilizaram diferentes estratégias para a execução da tarefa ou se essa estratégia se modificou ao longo de cada série com a

implantação da condição de fadiga. Estudos futuros que objetivam investigar esta temática deveriam considerar este aspecto nos métodos.

4.1 Limitações do estudo

Devido a limitações técnicas não foi possível incluir a análise da atividade eletromiográfica do músculo deltóide anterior no delineamento do experimento. Como este é um músculo importante na realização do supino (MCCAW; FRIDAY, 1994; SCHICK *et al.*, 2010), esta informação poderia aumentar ainda mais o detalhamento da ativação muscular ao longo das séries.

Outra limitação em nosso estudo foi à tarefa proposta aos indivíduos envolver diferentes NMRs em cada série nos dois protocolos, e, portanto diferentes tempos sobre tensão, à utilização de uma regressão linear não nos permitiu comparar as mesmas ações musculares entre si, o que seria possível ser feito caso os voluntários fizessem o mesmo número de repetições nos dois protocolos.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que em protocolos de treinamento com tempos diferentes entre as ações musculares, concêntrica e excêntrica, há maiores valores do percentual da integral eletromiográfica no protocolo em que a duração da ação muscular concêntrica é maior. Além disso, os dois músculos estudados responderam de maneira diferente aos mesmos protocolos, sendo que o %iEMG_N do peitoral maior aumentou mais rapidamente no protocolo com maior duração da concêntrica e o tríceps braquial não apresentou diferença entre os protocolos.

REFERÊNCIAS

AHTIAINEN, J.P.; HAKKINEN, K. Strength athletes are capable to produce greater muscle activation and neural fatigue during high-intensity resistance exercise than nonathletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.23, n.4, p.1129-1134, 2009.

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

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, n.10, p. 841-851, 2005.

BRENNECKE, A. *et al.* Neuromuscular activity during bench press exercise performed with and without the preexhaustion method. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.23, n.7, p.1933-1940, 2009.

BUITRAGO, S. *et al.* Effects of load and training modes on physiological and metabolic responses in resistance exercise. **European Journal of Applied Physiology**. Online First. Nov 2011.

CACCHIO A., *et al.* Effects of 8-weeks strength training with two models of chest press machines on muscular activity pattern and strength. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.18, p.618-627, 2008.

CHAGAS, M. H.; DINIZ, R. C. R. LIMA, F. V., Comparison of the performance in the one-repetition maximum test using to two different intervals recovery. **The FIEP Bulletin**, Foz do Iguaçu, 76: 145-148, 2006.

CHAGAS, M.H.; LIMA, F.V. Capacidade Força Muscular: Estruturação e Conceito Básico. In: SAMULSKI, D.; MENZEL, H.J.; PRADO, L.S. **Treinamento Esportivo**. Manole. Baurueri, SP: Manole, 2013. 1ª Edição, capítulo 4, 89-110.

CREWETHER, B.; CRONIN, J.; KEOGH, K. The contribution of volume, technique, and load to single-repetition and total-repetition kinematics and kinetics in response to three loading schemes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.22, n.6, p.1908-1915, 2008.

CRONIN, J.B.; MCNAIR, P.J.; MARSHALL, R.N. Power absorption and production during slow, large-amplitude stretch-shorten cycle motions. **European Journal of Applied Physiology**. v.87, p.59-65, 2002.

DRINKWATER, E.J. *et al.* Training leading to repetition failure contributes to bench press strength gains in elite junior athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.19, n.2, p. 382–388, 2005.

DRUST, B. *et al.* Circadian rhythms in sports performance – an update. **Chronobiology International**, v.22, n.1, p. 21-44, 2005.

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.

DUCLAY, J. *et al.* Specific modulation of corticospinal and spinal excitabilities during maximal voluntary isometric, shortening and lengthening contractions in synergist muscles. **Journal of Physiology**, v. 589, n.11, p. 2901-2916, 2011.

FLECK, S.J.; KRAEMER, W.J. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 375p.

Force and EMG signal patterns during repeated bouts of concentric or eccentric muscle actions. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.138, p.263–271, 1990.

FRY, A.C. The role of resistance exercise intensity on muscle fiber adaptations. GANDEVIA, S.C. Spinal and Supraspinal Factors in Human Muscle Fatigue. **Physiological Reviews**, v.81, p. 1725–1789, 2001.

GILLIES, E.M.; PUTMAN, C.T.; BELL, G.J. The effect of varying the time of concentric and eccentric muscle actions during resistance training on skeletal muscle adaptations in women. **European Journal of Applied Physiology**, v. 97, p. 443–453, 2006.

GOTO, K.; ISHII, N.; KIZUKA, T.; KRAEMER, R.R.; HONDA, Y.; TAKAMATSU, K. Hormonal and metabolic responses to slow movement resistance exercise with different durations of concentric and eccentric actions. **European Journal of Applied Physiology**. v.106, p.731-739, 2009.

GÜLLICH, A.; SCHMIDTBLEICHER, D. Struktur der kräftfähigkeiten und ihrer trainingsmethoden. **Deutsche Leitschrift Für Sportmedizin**, v.50, n 7-8, p.223-234, 1999.

HEADLEY, S.A.; HENRY, K.; NINDL, B.C.; THOMPSON, B.A.; KRAEMER, W.J.; JONES, M.T. Effects of lifting tempo on one repetition maximum and hormonal responses to a bench press protocol. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 2, p. 406-413, 2011.

IZQUIERDO, M. *et al.* Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. **Journal of Applied Physiology**, v.100, p. 1647-1656, 2006.

KAY, D. *et al.* Different neuromuscular recruitment patterns during eccentric, concentric and isometric contractions **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.10, p.425– 431, 2000.

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, n.3, 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, n. 4, p. 674-688, 2004.

LAGALLY, K.M. *et al.* Ratings of perceived exertion and muscle activity during the bench press exercise in recreational and novice lifters. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.18, n.2, p.359-364, 2004.

LAMBERT, C.P., FLYNN, M.G. Fatigue during high-intensity intermittent exercise: **Application to bodybuilding**. **Sports Medicine**, v.32, n.8, p.511-522, 2002.

LIMA, F.V. *et al.* Análise de dois treinamentos com diferentes durações de pausa entre séries baseadas em normativas previstas para a hipertrofia muscular em indivíduos treinados. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.12, n.4, 2006.

LINS-FILHO, O.D.L. *et al.* Effects of of exercise intensity on rating of perceived exertion during a multiple-set resistance exercise session. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.26, n.2, p. 466-472, 2012.

MACHADO, S.C. **NÚMERO MÁXIMO DE REPETIÇÕES E RESPOSTA NEUROMUSCULAR A PROTOCOLOS DE TREINAMENTO DE FORÇA COM DIFERENTES DURAÇÕES DAS AÇÕES MUSCULARES**. 2012. 50 f. Tese (Mestrado Ciências do Esporte) – Faculdade de Educação Física, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

MANABE, Y.; SHIMADA, K.; OGATA, M. Effect of Slow Movement and Stretch-Shortening Cycle on Lower Extremity Muscle Activity and Joint Movements During Squats. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.47, n.1, p.1-12, 2007.

MASUDA, K.; MASUDA, T.; SADOYAMA, T.; INAKI, M.; KATSUTA, S. Changes in surface EMG parameters during static and dynamic fatiguing contractions. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.9, p. 39-46, 1999.

MCCAW, S.T.; FRIDAY, J.J. A comparison of muscle activity between a free weight and machine bench press. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 8, n.4, p. 259-264, 1994.

OLIVEIRA, A. *et al.* Physiological and neuromuscular profile during a Bodypump session: acute responses during a high-resistance training session. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.23, n.2, p. 579-586, 2009.

PINCIVERO, D.M.; COELHO, A.J.; CAMPY, R.M. Contraction mode shift in quadriceps femoris muscle activation during dynamic knee extensor exercise with increasing loads. **Journal of Biomechanics**, v.41, p.3127-3133, 2008.

PINCIVERO, D.M.; GANDHI, V.; TIMMONS, M.K.; COELHO, A.J. Quadriceps
PINCIVERO, D.M.; GEAR, W.S. Quadriceps activation and perceived exertion during a high intensity, steady state contraction to failure. **Muscle Nerve**, v.23, p. 514–520, 2000.

PORTNEY, L.G.; WATKINS, M.P. **Foundations of clinical research: applications to practice**. 3rd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2008. 891p.

PRYOR, R.R.; SFORZO, G.A.; KING, D.L. Optimizing power output by varying repetition tempo. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 11, p. 3029- 3034, 2011.

SAKAMOTO, A.; SINCLAIR, P.J. Effect of movement velocity on the relationship between training load and the number of repetitions of bench press. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.20, n.3, 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, n.3, p. 1015-1025, 2012.

SALE, D.G. Influence of exercise and training on motor unit activation. **Exercise and Sport Sciences Review**, v.15, p.95–151, 1987.

SCHICK, E. E.; COBURN, J.W.; BROWN, L.E.; JUDELSON, D.A.; KHAMOUI, A.V.; TRAN, T.T.; URIBE, B.P. A comparison of muscle activation between a Smith machine and free weight bench press. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 3, p. 779-784, 2010.

SPIERING, B.A. *et al.* Resistance exercise biology manipulation of resistance exercise programme variables determines the responses of cellular and molecular signalling pathways. **Sports Medicine**, v.38, n.7, p.527-540, 2008.
Sports Medicine, v.34, n.10, p. 663-679, 2004.

TESCH, P.A.; DUDLEY, G.A.; DUVOISIN, M.R.; HATHER, B.M.; HARRIS, R.T. TURNER, A.N.; JEFFREYS, I. The stretch-shortening cycle: proposed mechanisms and methods for enhancement. **Strength and Conditioning Journal**, v. 32, n.4, 87-99, 2010.

WERNBOM, M.; AUGUSTSSON, J.; RAASTAD, T. Ischemic strength training: A low-load alternative to heavy resistance exercise? **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v.18, n. 4, p. 401-416, 2008.

WERNBOM, M.; AUGUSTSSON, J.; THOMEÉ, H. The influence of frequency, WILLARDSON, J.M. The application of training to failure in periodized multiple-set resistance exercise programs. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 2, p. 628-631, 2007.

WILLARDSON, J.M.; BURKETT, L.N. A comparison of 3 different rest intervals on the exercise volume completed during a workout. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 1, p. 23-26, 2005.

WILLARDSON, J.M.; BURKETT, L.N. The effect of rest interval length on bench press performance with heavy vs. light loads. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v.20, n. 2, p. 396-399, 2006a.

WILLARDSON, J.M.; BURKETT, L.N. The effect of rest interval length on the sustainability of squat and bench press repetitions. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v.20, n. 2, p. 400-403, 2006b.

APÊNDICE 1
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

RESPOSTAS METABÓLICAS E NEURAIS A UM PROTOCOLO DE TREINAMENTO COM NÚMERO MÁXIMO DE REPETIÇÕES E DIFERENTES DURAÇÕES DAS AÇÕES MUSCULARES

O Laboratório de Treinamento na Musculação da EEEFTTO/UFMG está convidando vossa senhoria a participar voluntariamente do projeto de pesquisa para o curso de Mestrado em Ciências do Esporte intitulado “Respostas metabólicas e neurais a um protocolo de treinamento com número máximo de repetições e diferentes durações das ações musculares” sob a orientação do Prof. Dr. Mauro Heleno Chagas.

O presente estudo tem como objetivo comparar a concentração de lactato sanguíneo, a atividade eletromiográfica e o número de repetições realizadas no exercício supino guiado em resposta a dois protocolos de treinamento com diferentes durações das ações musculares. Os dados serão coletados no Laboratório do Treinamento em Musculação (LAMUSC) em quatro dias separados por, no mínimo, 48hrs. Nos dois primeiros dias, serão realizados testes de uma repetição máxima (1RM) no exercício supino guiado, objetivando mensurar sua força máxima dinâmica. Neste teste, você realizará apenas uma repetição, sendo que o peso na barra será progressivamente aumentado até que você não consiga realizar a ação concêntrica (subida da barra). Para isto, serão realizadas no máximo 6 tentativas e entre cada tentativa haverá uma pausa de cinco minutos.

Ainda no primeiro dia de coleta, você responderá a um questionário a respeito do seu treinamento na musculação (especialmente sobre o exercício supino guiado) e será realizada a padronização da sua posição nos aparelhos além do posicionamento do eletrogoniômetro na articulação do cotovelo e dos locais de fixação dos eletrodos de superfície. Para o posicionamento dos eletrodos, você será submetido a uma tricotomização (raspagem dos pelos) nas regiões do peitoral e tríceps braquial. Neste dia também ocorrerá uma familiarização com as durações das ações musculares prescritas neste protocolo. Estima-se que a duração destes procedimentos seja em torno de 1h e 30 min. No segundo dia de coleta, também serão realizadas medidas do comprimento do braço e antebraço e da largura dos ombros com uma fita métrica. O tempo estimado para os procedimentos do segundo dia será de 1h.

Nos dois dias seguintes, serão executadas sessões de treinamento no exercício supino guiado. Em cada sessão de treinamento, será utilizado um dos protocolos de treinamento descritos abaixo (tabela 1), escolhido aleatoriamente. Tempo estimado: 1h.

PROTOCOLOS DE TREINAMENTO					
Protocolo	Intensidade	Duração da repetição #	Séries	Repetições	Pausa (min.)
A	60% RM	2:4	3	MAX	3

Nos dias de treinamento, você será novamente submetido à tricotomização para a colocação de eletrodos que serão utilizados para mensurar a atividade elétrica da musculatura durante todo o treinamento. Além

disto, será feito um pequeno furo no lóbulo da orelha para a retirada de 30µL de sangue para análise da concentração de lactato sanguíneo, após um período de repouso de 10 minutos antes da realização do protocolo de treinamento, 1 minuto após a realização de cada série e 6 minutos após a realização da última série. Em todo o procedimento de retirada do sangue e tricotomização, os responsáveis pela sua coleta utilizarão materiais descartáveis e tomarão todas as medidas de biossegurança necessárias. Previamente ao treinamento será realizada uma contração isométrica voluntária máxima (CIVM) para captar o sinal eletromiográfico; para isto, em cada tentativa, você deverá assumir o posicionamento para a realização do exercício supino guiado, com o cotovelo flexionado a aproximadamente 90°. Após dado o sinal verbal, você realizará, por 5s, o máximo de força contra a barra guiada, que será fixada para que não haja a possibilidade de ser movimentada. No treinamento, variáveis mecânicas (trabalho total a cada série e potência média por série) serão obtidas através de um sensor de deslocamento fixado na barra.

Ao longo dos dias de coleta você poderá continuar seu treinamento na musculação. Entretanto, este deverá ser adaptado pelos pesquisadores responsáveis, caso não haja um período em torno de 48 h de descanso para as musculaturas dos membros superiores antes de cada sessão de coleta. Esta adaptação será fundamental para que o seu treinamento não influencie os resultados da pesquisa.

RISCOS E BENEFÍCIOS:

A realização deste estudo envolve os riscos gerais relacionados à prática de exercícios físicos como lesões músculo-esqueléticas, traumatismos, entre outros. Contudo, estes riscos não são diferentes dos presentes em sua rotina de treinamento. Além disso, a frequência com que esses eventos ocorrem em condições laboratoriais é mínima, sendo que sempre haverá pesquisadores responsáveis pelo auxílio e segurança caso você não consiga suspender a barra. Vale ressaltar que para a realização dos testes de avaliação serão adotados todos os critérios de segurança relativos a esses procedimentos. A coleta de sangue pode causar pequeno desconforto no momento da perfuração, mas é um procedimento seguro e muito utilizado nas pesquisas da área.

Em contrapartida à sua participação na pesquisa, você receberá informações sobre o seu desempenho nos testes máximos que poderão ser utilizadas para a prescrição e controle do seu próximo programa de treinamento.

CONFIDENCIALIDADE DOS DADOS:

Será garantido o seu anonimato quanto à participação; os dados obtidos serão utilizados exclusivamente para fins da pesquisa em foco pelo Laboratório de Treinamento na Musculação. Você poderá recusar em participar desse estudo ou abandoná-lo a qualquer momento, sem precisar se justificar e sem qualquer constrangimento.

EVENTUAIS DESPESAS MÉDICAS:

Não está prevista qualquer forma de remuneração ao voluntário; todas as despesas relacionadas com o estudo são de responsabilidade do Laboratório do Treinamento na Musculação – UFMG. Depois de esclarecidos os procedimentos da pesquisa, mesmo assim se durante o andamento da pesquisa novas dúvidas surgirem, você poderá esclarecê-las com a equipe responsável. Os pesquisadores podem decidir sobre a sua exclusão do estudo por razões científicas, que deverão ser devidamente lhe informadas.

CONSENTIMENTO:

Compreendendo os termos presentes neste documento, eu, voluntariamente concordo em participar desta pesquisa que será realizado no Laboratório do Treinamento na Musculação da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais.

Belo Horizonte, de 2010.

Assinatura do voluntário

Declaro que expliquei os objetivos desse estudo, dentro dos limites dos meus conhecimentos científicos.

Sandra Carvalho Machado
Mestranda / Pesquisadora

COEP – Comitê de Ética em Pesquisa Av. Antônio Carlos, 6627, Unidade Administrativa II – 2º andar – Sala 2005 Telefax: (31) 3409-4592
Campus Pampulha Belo Horizonte, MG CEP: 31270.901

Email: coep@prpq.ufmg.br

ANEXO 1

Carta de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa – UFMG



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

Parecer nº. ETIC 0278.0.203.000-10

**Interessado(a): Prof. Mauro Heleno Chagas
Departamento de Esportes
EEFFTO - UFMG**

DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 18 de agosto de 2010, o projeto de pesquisa intitulado "**Respostas metabólicas e neurais a um protocolo de treinamento com número máximo de repetições e diferentes durações das ações musculares**" bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto.

**Profa. Maria Teresa Marques Amaral
Coordenadora do COEP-UFMG**