

SANDRA CARVALHO MACHADO

**RESPOSTA NEUROMUSCULAR A PROTOCOLOS DE
TREINAMENTO COM NÚMERO MÁXIMO DE
REPETIÇÕES E DIFERENTES DURAÇÕES DAS AÇÕES
MUSCULARES**

BELO HORIZONTE
2012

SANDRA CARVALHO MACHADO

**RESPOSTA NEUROMUSCULAR A PROTOCOLOS DE
TREINAMENTO COM NÚMERO MÁXIMO DE
REPETIÇÕES E DIFERENTES DURAÇÕES DAS AÇÕES
MUSCULARES**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências do Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Heleno Chagas

BELO HORIZONTE
2012



Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

Dissertação de Mestrado intitulada “*Número máximo de repetições e resposta neuromuscular a protocolos de treinamento de força com diferentes durações das ações musculares*”, de autoria de Sandra Carvalho Machado, aprovada pela banca examinadora constituída pelos professores:

Prof. Dr. Mauro Heleno Chagas – Orientador
Dpto de Esportes / Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional / UFMG

Prof. Dr. Carlos Ugrinowitsch
Dpto de Esportes/Escola de Educação Física e Esporte / USP

Prof. Dr. Bruno Pena Couto
Dpto de Esportes/ Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional / UFMG

Belo Horizonte, 26 de março de 2012.

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai que sempre foi e será meu exemplo maior. Espero que você esteja orgulhoso de mim...

A minha mãe, pelo amor incondicional, pela dedicação a minha vida e por ter sempre me apoiado nas minhas decisões.

Aos meus irmãos, Denio e Raquel, Cristine e Fernando, Celina e Antônio Celso, pelo amor e carinho, e por me darem algumas das pessoas mais importantes da minha vida: os meus sobrinhos João Pedro, Bruna, Letícia, Marianna, Guilherme, Tiago e Carolina. Espero conseguir ser um exemplo para vocês.

Aos meus voluntários, pela “força” e dedicação aos procedimentos das coletas.

Ao Prof. Mauro Heleno, que com a sua competência e paciência soube me conduzir durante todo esse processo. Obrigada por fazer com que este fosse o meu momento e o meu trabalho!

Ao Prof. Fernando Lima, pelas contribuições para o meu exercício profissional e pelo esforço depositado neste trabalho.

Aos Profs. Nilo e Christiano, que foram e sempre serão grandes referências na minha vida profissional.

À Cinara, que junto comigo desfrutou das alegrias e frustrações desta etapa. Obrigada pela companhia, pelos conselhos, pelas colaborações. Mais que uma parceria, hoje temos uma grande amizade!

Aos amigos do Lamusc, Rodrigo, Hugo, Erica, Luzana, Gisele, Lucas e Allan, por terem me ensinado e dado subsídio para que este trabalho chegasse ao final. Sem vocês, nada disso teria acontecido!

Aos amigos antigos, do Loyola e da graduação, que me incentivaram durante todo esse processo.

“Podemos facilmente perdoar uma criança que tem medo do escuro; a real tragédia da vida é quando os homens têm medo da luz.”

Platão

RESUMO

Os protocolos de treinamento para o aumento da força muscular podem ser prescritos com número máximo de repetições (NMR) por série visando aumentar o número de unidades motoras ativadas. Entretanto, estudos têm mostrado que outras variáveis do treinamento podem interferir tanto no NMR quanto na atividade eletromiográfica. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi comparar o número máximo de repetições e a amplitude do sinal eletromiográfico entre séries e entre os protocolos de treinamento com diferentes durações das ações musculares e mesma duração da repetição. Participaram deste estudo dezenove voluntários do sexo masculino que praticavam musculação continuamente há pelo menos seis meses. Nas sessões de coleta 1 e 2 os indivíduos realizaram testes de uma repetição máxima (1RM) no exercício supino guiado. Nas sessões 3 e 4, foram executados dois protocolos de treinamento no supino guiado constituídos de três séries com NMR a 60% de 1RM e pausa de três minutos entre as séries. Um dos protocolos foi realizado com ações musculares concêntricas de 2s e excêntricas de 4s (protocolo 2-4) e o outro com ações musculares concêntricas de 4s e excêntricas de 2s (protocolo 4-2). A ordem de realização dos protocolos foi determinada de forma aleatória e balanceada. A amplitude do sinal eletromiográfico de cada repetição para os músculos peitoral maior e tríceps braquial foi quantificada pela integral do sinal eletromiográfico normalizada ($iEMG_N$) obtida pela média das repetições realizadas em cada série dos protocolos de treinamento. No protocolo 4-2 foi possível realizar um menor número de repetições que no protocolo 2-4. O peitoral maior apresentou maior $iEMG_N$ no protocolo 4-2 e o tríceps braquial não apresentou diferença entre os protocolos. Em ambos os protocolos, houve redução no número de repetições realizadas ao longo das séries e aumento da $iEMG_N$. O presente estudo mostrou que uma maior ativação muscular pode ser obtida mesmo quando um menor número de repetições é realizado. Além disso, os dois músculos estudados apresentaram diferentes comportamentos em resposta à execução dos mesmos protocolos de treinamento.

Palavras-chave: Efeito agudo. Ação muscular concêntrica. Ação muscular excêntrica. Sinal eletromiográfico. Séries máximas.

ABSTRACT

The training protocols designed to improve muscle strength may be prescribed with maximum number of repetitions (MNR) per set aiming to increase the number of motor units activated. However, some studies have shown that other training variables may influence the MNR and electromyographic activity. Therefore, the aim of this study was to compare the maximum number of repetitions and the electromyographic signal amplitude among sets and between training protocols with different durations of muscle actions and the same duration of repetition. Nineteen male volunteers with at least six months in strength training took part in this study. In the experimental sessions 1 and 2 subjects performed tests of one repetition maximum (1RM) in the Smith machine bench press. In the experimental sessions 3 and 4, two training protocols were performed in the Smith machine bench press, characterized by three sets of the maximal number of repetitions at 60% of one repetition maximum (1RM) and three minutes of rest interval among sets. One of the protocols was performed using concentric muscle actions of 2s and eccentric muscle actions of 4s (2-4 protocol) and the other one with concentric muscle actions of 4s and eccentric muscle actions of 2s (4-2 protocol). The protocols were randomly and balanced assigned over the experimental sessions. The electromyographic signal amplitude of each repetition to the muscles pectoralis major and triceps was quantified by the integral of the normalized electromyographic signal ($iEMG_N$) obtained by the average of repetitions performed in each set of the training protocols. Subjects performed fewer repetitions in 4-2 protocol than in 2-4 protocol. The pectoralis major showed higher $iEMG_N$ in 4-2 protocol and triceps showed no difference between the protocols. In both protocols, there was a reduction in the number of repetitions and increased $iEMG_N$ along sets. The present study showed that greater muscle activation can be obtained even when a smaller number of repetitions are performed. In addition, the two studied muscles showed different behaviors in response to the same training protocols.

Keywords: Acute effect. Concentric muscle action. Eccentric muscle action. Electromyographic signal. Training to failure.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

QUADRO 1	- Delineamento experimental do estudo e configuração dos protocolos de treinamento	16
FIGURA 1	- Equipamento de musculação utilizado no estudo	19
FIGURA 2	- Posicionamento e fixação do eletrogoniômetro	21
FIGURA 3	- Posicionamento dos eletrodos de superfície	26

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- Caracterização da amostra	17
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	27
TABELA 3	- Duração das ações musculares excêntrica e concêntrica nos protocolos 2-4 e 4-2 ao longo das séries	29
TABELA 4	- Análise descritiva do número de repetições realizadas em cada protocolo	33
TABELA 5	- Média (\pm desvio padrão) da integral do sinal eletromiográfico normalizada ($iEMG_N$) do peitoral maior e tríceps braquial em cada protocolo de treinamento (%CIVM)	34
TABELA 6	- Valores de p para os efeitos principais de protocolo e série e sua interação na integral do sinal eletromiográfico normalizada ($iEMG_N$) dos músculos peitoral maior e tríceps braquial	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NMR	- Número máximo de repetições
CIVM	- Contração isométrica voluntária máxima
LAMUSC	- Laboratório do Treinamento na Musculação
1RM	- 1 repetição 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
1.1	Objetivos	13
1.2	Hipóteses	14
2	MATERIAIS E MÉTODOS	15
2.1	Delineamento experimental	15
2.2	Amostra	16
2.3	Equipamentos	18
2.4	Procedimentos	20
2.4.1	Sessões de coleta 1 e 2: Padronizações do equipamento, teste de 1RM e familiarização ao controle das ações musculares	20
2.4.1.1	Padronização para a realização do exercício	21
2.4.1.2	Teste de 1RM	22
2.4.1.3	Familiarização ao controle da duração das ações musculares	23
2.4.2	Sessões de coleta 3 e 4: Testes de CIVM e protocolos de treinamento.....	24
2.4.2.1	Posicionamento dos eletrodos para captação do sinal eletromiográfico	24
2.4.2.2	Testes de CIVM	26
2.4.2.3	Protocolos de treinamento	28
2.5	Variáveis mensuradas	30
2.5.1	Número máximo de repetições	30
2.5.2	Integral do sinal eletromiográfico normalizada	30
2.6	Análise estatística	31
3	RESULTADOS	33
3.1	Número máximo de repetições	33
3.2	Integral do sinal eletromiográfico normalizada	33
4	DISCUSSÃO	36
4.1	Comparação do número máximo de repetições entre os protocolos e entre as séries	36
4.2	Comparação da integral do sinal eletromiográfico normalizada entre os protocolos e entre as séries	38
4.3	Limitações do estudo	41
5	CONCLUSÃO	42
	REFERÊNCIAS	43
	APÊNDICE A	48
	ANEXO A	50

1 INTRODUÇÃO

O entendimento de diferentes protocolos de treinamento na musculação e seus efeitos agudos e crônicos no sistema neuromuscular tem sido o foco de pesquisas na Ciência do Esporte (CREWETHER; CRONIN; KEOGH, 2008; GOTO *et al.*, 2009; SAKAMOTO; SINCLAIR, 2012; LINS-FILHO *et al.*, 2012). Alguns protocolos de treinamento que visam à hipertrofia muscular são prescritos com número máximo de repetições (NMR) por série (GILLIES; PUTMAN; BELL, 2006; WILLARDSON, 2007). Neste caso, é prescrita uma carga de treinamento em que o número de repetições a serem realizadas é máximo e as outras variáveis como peso, número de séries, pausa e duração da repetição possuem valores pré-determinados. Assim, o praticante é instruído a executar o maior número de repetições possíveis de serem realizadas com aquela carga de treinamento até que o peso não possa mais ser levantado (FLECK; KRAEMER; 2006, IZQUIERDO *et al.*, 2006)

A utilização desses protocolos pode maximizar o número de unidades motoras ativadas, devido à realização do número máximo de repetições em cada série (DRINKWATER *et al.*, 2005; IZQUIERDO *et al.*, 2006). À medida que a série continua, as unidades motoras ativadas começam a entrar em fadiga, havendo a necessidade da contribuição de outras unidades motoras para que a produção de força não seja reduzida e a tarefa possa ser mantida (SALE, 1987). Essa participação adicional de outras unidades motoras na realização da tarefa pode ser verificada por meio do aumento na amplitude do sinal eletromiográfico (ATHIAINEN; HAKKINEN, 2009; MASUDA *et al.*, 1999; PINCIVERO *et al.*, 2006), que indica alterações na ativação muscular. Sendo assim, analisar o comportamento da amplitude do sinal eletromiográfico em resposta a diferentes protocolos de treinamento de força torna-se importante para entender as modificações ocorridas na ativação muscular em função de uma determinada prescrição da carga de treinamento.

Masuda *et al.* (1999) encontraram aumentos de 48% na amplitude do sinal eletromiográfico do músculo vasto lateral ao longo de uma série até a falha

concêntrica do movimento de extensão de joelhos realizado numa intensidade de 50% da contração isométrica voluntária máxima (CIVM). Da mesma forma, Pincivero *et al.* (2006) encontraram aumentos significantes da amplitude do sinal eletromiográfico na ação muscular concêntrica também ao longo de uma série até a falha concêntrica do movimento extensão de joelhos realizado a 50% de 1RM. Aumentos na ativação durante a ação muscular concêntrica também foram encontrados quando séries múltiplas com NMR foram realizadas, tanto em atletas quanto em indivíduos destreinados (ATHIAINEN; HÄKKINEN, 2009).

Entretanto, estudos têm mostrado que outras variáveis do treinamento podem interferir tanto no NMR quanto no sinal eletromiográfico. Sakamoto e Sinclair (2006, 2012) encontraram uma redução no NMR quando maiores durações da repetição (definida, no presente estudo, como o tempo gasto para realização das ações musculares concêntrica e excêntrica durante uma repetição) foram realizadas. Ainda, Sakamoto e Sinclair (2012) encontraram, no final da série, maiores amplitudes do sinal eletromiográfico nos músculos peitoral maior e tríceps braquial quando menores durações da repetição foram realizadas. Porém, nesse estudo, a duração das ações musculares concêntricas e excêntricas foi similar dentro de cada duração da repetição investigada.

Sendo assim, considerando que as ações musculares concêntricas apresentam maior resposta eletromiográfica quando comparadas, para a mesma carga de treinamento, com a excêntrica (DUCHATEAU; ENOKA, 2008; DUCLAY; PASQUET; DUCHATEAU, 2011; TESCH, 1990), é possível que protocolos de treinamento com a mesma duração da repetição e com maior duração da ação muscular concêntrica resultem em maior amplitude média do sinal eletromiográfico quando comparado a protocolos com menor duração dessa ação. Essa argumentação é reforçada pelos estudos que manipularam a duração das ações musculares para uma mesma duração da repetição e que encontraram distintas respostas morfológicas (GILLIES; PUTMAN; BELL, 2006), hormonais e metabólicas (GOTO *et al.*, 2009) entre os protocolos.

No trabalho de Gillies, Putman e Bell (2006) foi encontrado que protocolos de treinamento realizados com NMR e maiores durações das ações musculares concêntricas (6s vs. 2s) foram mais eficazes em aumentar a área de secção transversa das fibras tipo I e IIA que protocolos de treinamento com NMR e maiores durações das ações musculares excêntricas. Já Goto *et al.* (2009) verificaram um menor número médio de repetições (8 ± 1 vs. 10 ± 1) e maior concentração de cortisol e lactato para o protocolo com maior duração da ação muscular concêntrica quando comparado àquele com maior duração da excêntrica. Contudo, Goto *et al.* (2009) não investigaram a resposta do sinal eletromiográfico. Sendo assim, as diferenças encontradas nesses estudos reforçam a expectativa de que diferenças poderão também ser encontradas ao avaliar o sinal da atividade eletromiográfica em resposta à manipulação da duração das ações musculares para uma mesma duração da repetição.

No presente estudo, a carga de treinamento envolve durações das ações musculares (2-4 e 4-2) diferentes daquelas já investigadas por Goto *et al.* (2009) (5-1 e 1-5) e por Gillies, Putman e Bell (2006) (2-6 e 6-2), o que permite verificar se a manipulação das durações das ações musculares, juntamente com a realização do NMR, influenciaria a resposta do sinal eletromiográfico. Essas informações podem trazer importantes contribuições para a prescrição do treinamento na musculação, principalmente considerando que as unidades motoras ativadas apresentam adaptações ao treinamento na musculação (SPIERING *et al.*, 2008; WERNBOM; AUGUSTSSON; RAASTAD, 2008).

1.1 Objetivos

Comparar o número máximo de repetições entre séries e entre os protocolos de treinamento com diferentes durações das ações musculares e mesma duração da repetição.

Comparar a amplitude do sinal eletromiográfico entre as séries e entre os protocolos de treinamento com diferentes durações das ações musculares e mesma duração da repetição.

1.2 Hipóteses

H₁ - O número de repetições reduzirá no decorrer das séries em ambos os protocolos.

H₂ - O número de repetições por série será menor para o protocolo com maior duração da ação muscular concêntrica.

H₃ - A amplitude do sinal eletromiográfico será maior para o protocolo com maior duração da ação concêntrica.

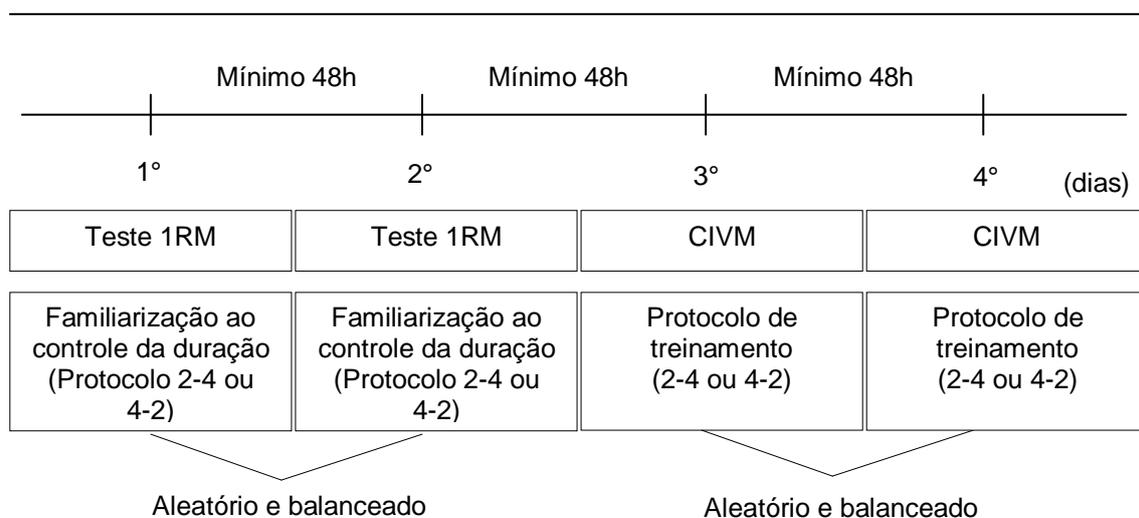
H₄ - A amplitude do sinal eletromiográfico aumentará no decorrer das séries.

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 uma repetição máxima (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 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

1RM: teste de uma repetição máxima. CIVM: teste de 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:

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

Os critérios para exclusão da amostra foram:

- a) livre e espontânea vontade do voluntário;
- b) não ter comparecido aos locais de coleta no dia e hora programados;
- c) relatar ter praticado exercícios de musculação que envolvessem o peitoral maior, tríceps braquial e deltóide anterior no dia anterior a cada sessão de coleta;
- d) não ter cumprido as durações da ação muscular estipuladas para o presente estudo;
- e) 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 A). Toda a coleta de dados foi realizada no LAMUSC da EEEFTO 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 A).

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 20 kg), 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 a +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

2.4.1 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 A). 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.

2.4.1.1 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 $p = 0,332$).

2.4.1.2 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):

- a) 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;
- b) Duração da pausa de cinco minutos;
- c) 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 2 kg (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.

2.4.1.3 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.

2.4.2 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:

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

2.4.2.1 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.

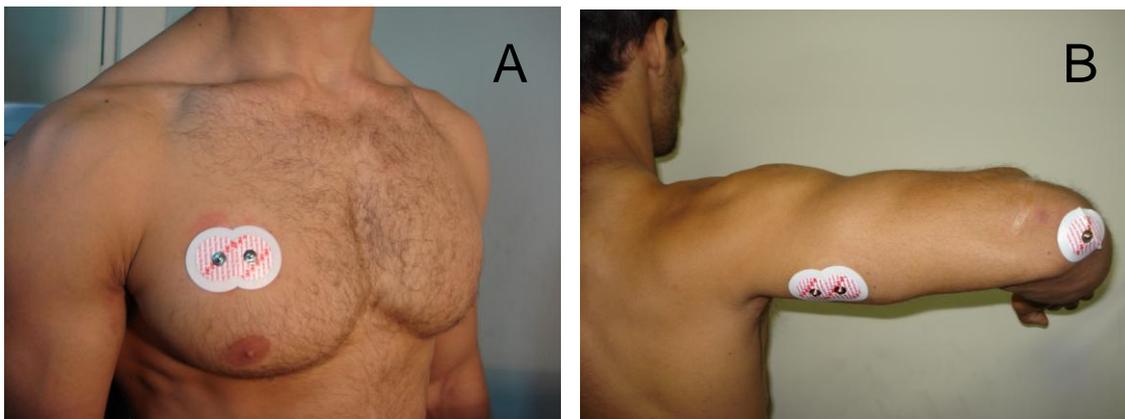


FIGURA 3 - Posicionamento dos eletrodos de superfície. A) Eletrodos fixados no peitoral maior (porção esternal). B) Eletrodos fixados no tríceps braquial (cabeça longa) e no olécrano (terra).

Fonte: Arquivo de fotos do LAMUSC.

2.4.2.2 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 intraclassa (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 intraclassa (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		

2.4.2.3 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 2-4, 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.

2.5 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.

2.5.1 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.

2.5.2 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).

2.6 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 STATISTICA 7.0 e SPSS 15.0.

Como o NMR não apresentou distribuição normal, não foi possível prosseguir com uma análise paramétrica. Logo, o teste de *Friedman* foi utilizado para verificar as diferenças no NMR entre os protocolos e ao longo dos protocolos. Como *post hoc*, foi utilizada a diferença mínima significativa sugerida por Portney e Watkins (2008). Neste procedimento, os dados do NMR foram ranqueados e cada *rank* somado, sendo comparados a um valor crítico. Quando a diferença entre os somatórios de dois *ranks* foi maior do que o valor crítico calculado, a hipótese nula foi rejeitada. O teste de *Friedman* foi realizado no pacote estatístico STATISTICA (7.0) e o cálculo da diferença mínima significativa foi executado com a ajuda do *Microsoft Excel 2007*. Esses dados foram apresentados como mediana.

A $iEMG_N$ foi analisada separadamente para cada um dos músculos estudados. Foram comparadas as médias da $iEMG_N$ obtidas em cada série ($\sum iEMG_N$ de todas as repetições / número de repetições realizadas em cada série). Para

isso, foi utilizada a ANOVA *two-way* com medidas repetidas (fator 1 – protocolo; fator 2 – série) e *post hoc Scheffé*. Para o músculo peitoral maior 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 Número máximo de repetições

Na comparação dentro de cada protocolo de treinamento, o NMR na primeira série foi maior que na segunda e terceira séries, nos dois protocolos. Já o NMR para a segunda e terceira séries não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) no protocolo 2-4, enquanto que, no protocolo 4-2, o NMR na segunda série foi maior que na terceira série ($p < 0,05$) (TAB. 4).

TABELA 4
Análise descritiva do número de repetições realizadas em cada protocolo

		PROTOCOLO 2-4	PROTOCOLO 4-2
Série 1	M	8	8
	Q1	7	7
	Q3	9	8
Série 2	M	6 *	6 *
	Q1	6	6
	Q3	7	6
Série 3	M	5 * #	5 *
	Q1	5	4
	Q3	6	5

M – mediana; Q1: primeiro quartil; Q3: terceiro quartil; * Diferente da série 1, no mesmo protocolo ($p < 0,05$); # Diferente da série 2, no mesmo protocolo ($p < 0,05$).

3.2 Integral do sinal eletromiográfico normalizada

Devido a problemas técnicos na aquisição do sinal eletromiográfico, 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.

A TAB. 5 apresenta os dados descritivos da $iEMG_N$ dos músculos peitoral maior e tríceps braquial no decorrer de cada protocolo de treinamento e a TAB. 6 apresenta os efeitos principais e de interação dos fatores protocolo e série.

TABELA 5
Média (\pm desvio padrão) da integral do sinal eletromiográfico normalizada ($iEMG_N$) do peitoral maior e tríceps braquial em cada protocolo de treinamento (%CIVM)

	PEITORAL MAIOR		TRÍCEPS BRAQUIAL	
	PROTOCOLO 2-4 _a	PROTOCOLO 4-2 _a	PROTOCOLO 2-4	PROTOCOLO 4-2
SÉRIE 1_b	57,9 (\pm 16,4)	66,3 (\pm 19,8)	57,4 (\pm 20,7)	66,6 (\pm 26,9)
SÉRIE 2_b	64,9 (\pm 17,6)	74,3 (\pm 20,7)	65,5 (\pm 23,4)	73,5 (\pm 27,9)
SÉRIE 3_b	70,5 (\pm 18,4)	79,5 (\pm 21,0)	70,2 (\pm 25,1)	80,2 (\pm 30,9)

a: diferença significativa para o protocolo 4-2 (efeito principal protocolo); b: diferença significativa para as demais séries (efeito principal série).

TABELA 6
Valores de p para os efeitos principais de protocolo e série e sua interação na integral do sinal eletromiográfico normalizada ($iEMG_N$) dos músculos peitoral maior e tríceps braquial

EFEITO	PEITORAL MAIOR	TRÍCEPS BRAQUIAL
Protocolo	0,006 *	0,102
Série	0,001 *	0,001 *
Protocolo x série	0,748	0,577

* Efeitos significantes ($p < 0,05$)

Para os dois músculos estudados, não houve efeito de interação entre os fatores protocolo e série (Peitoral maior: $F = 0,3$ e $p = 0,748$; Tríceps braquial: $F = 0,6$ e $p = 0,577$). Para o músculo peitoral maior, os efeitos principais de protocolo ($F = 9,8$ e $p = 0,006$) e série ($F = 97,6$ e $p < 0,001$) foram significantes. O protocolo 2-4 apresentou menor $iEMG_N$ que o protocolo 4-2. Houve aumento da $iEMG_N$ ao longo das séries, sendo que a primeira série foi

menor que a segunda e a terceira séries e a segunda série foi menor que a terceira. Já para o tríceps braquial, o efeito principal do fator protocolo não foi significativo ($F = 2,9$ e $p = 0,102$), enquanto o efeito do fator série foi significativo ($F = 42,5$ e $p < 0,001$). Houve aumento da $iEMG_N$ ao longo das séries, sendo que a primeira série foi menor que a segunda e a terceira e a segunda série foi menor que a terceira.

4 DISCUSSÃO

O presente estudo demonstrou que protocolos de treinamento realizados no supino guiado, com diferentes durações das ações musculares e mesma duração da repetição, apresentaram diferença no NMR. Além disso, os dois músculos estudados respondem de maneira diferente aos mesmos protocolos de treinamento pois o peitoral maior apresentou maior $iEMG_N$ no protocolo 4-2 e o tríceps braquial não apresentou diferença entre os protocolos. Por outro lado, a $iEMG_N$ dos dois músculos respondeu de maneira semelhante ao longo das séries.

4.1 Comparação do número máximo de repetições entre os protocolos e entre as séries

No presente estudo, os dois protocolos apresentaram medianas do NMR de oito, seis e cinco, respectivamente, para cada série. Sakamoto e Sinclair (2006) avaliaram o número de repetições em protocolos de treinamento com a duração da repetição pré-determinada e séries únicas, em diferentes intensidades. Foram realizadas, para uma velocidade lenta de movimento (5,6s para cada repetição) e intensidade de 59 a 62%RM, de oito a nove repetições. Desta forma, os dados do presente estudo corroboram parcialmente o estudo de Sakamoto e Sinclair (2006), uma vez que foi encontrada uma mediana de oito repetições para a primeira série. Entretanto, não foram encontrados estudos que avaliaram o número de repetições por série em protocolos de treinamento com controle da duração (ação muscular e/ou repetição) e NMR, em séries múltiplas, para que se tenham valores de referência para comparação da segunda e terceira séries.

Os protocolos de treinamento 2-4 e 4-2 apresentaram redução no número de repetições realizadas ao longo das séries, confirmando o esperado pela hipótese 1. Isso mostra que os indivíduos apresentaram fadiga, sendo esta

entendida como “qualquer redução da capacidade de gerar força muscular induzida pelo exercício” (GANDEVIA, 2001). No presente estudo, a redução da capacidade de geração de força foi indicada pela incapacidade de o indivíduo realizar o mesmo número máximo de repetições em todas as séries. Uma das explicações para este resultado pode ser uma pausa insuficiente (3 minutos) para recuperação completa dos voluntários entre as séries máximas. Diferentes estudos têm demonstrado essa redução de desempenho ao longo das séries para pausas de até 5 minutos (WILLARDSON; BURKKE, 2005, 2006a, 2006b). Segundo Lambert e Flynn (2002), a acidose intramuscular parece ser a razão predominante para a fadiga em protocolos de treinamento com séries múltiplas realizados com NMR e pausas entre as séries de 1 a 3 minutos.

O NMR na segunda e terceira séries foi semelhante ($p > 0,05$) no protocolo 2-4, enquanto que, no protocolo 4-2, o NMR na segunda série foi maior que na terceira série ($p < 0,05$), sugerindo uma maior redução do desempenho no protocolo 4-2 que no protocolo 2-4, o que confirma a hipótese 2. Este resultado corrobora estudos realizados com protocolos de treinamento com NMR e diferentes durações das ações musculares em séries únicas (BUIRAGO *et al.*, 2011; PRYOR; SFORZO; KING, 2011; SAKAMOTO; SINCLAIR, 2012) e em séries múltiplas (GOTO *et al.*, 2009). Goto *et al.* (2009) investigaram diferentes durações das ações musculares em protocolos de treinamento com a mesma duração da repetição (6s). O protocolo com ações musculares concêntricas de 5s e excêntricas de 1s apresentou menor número médio de repetições (8 ± 1 vs. 10 ± 1) quando comparado ao protocolo com ações musculares concêntricas de 1s e excêntricas de 5s.

No presente estudo, a redução significativa do NMR da segunda para a terceira série, encontrada somente no protocolo 4-2, indica que diferenças nas durações das ações musculares induziram diferentes respostas de fadiga nos dois protocolos. Entretanto, o desenho experimental utilizado nesse estudo não permite avaliar a importância relativa dos mecanismos de fadiga nos protocolos de treinamento, sendo necessária a realização de futuros estudos com esse objetivo específico.

4.2 Comparação da integral do sinal eletromiográfico normalizada entre os protocolos e entre as séries

O músculo peitoral maior apresentou maior $iEMG_N$ para o protocolo 4-2 quando comparado ao protocolo 2-4, confirmando, parcialmente, o esperado pela hipótese 3. Esse resultado mostra que um maior tempo sob tensão na ação concêntrica, que apresenta maior ativação eletromiográfica que a ação muscular excêntrica (DUCHATEAU; ENOKA, 2008; DUCLAY; PASQUET; DUCHATEAU, 2011; TESCH, 1990), provocou uma maior ativação do músculo peitoral maior em um protocolo composto por ações musculares excêntricas e concêntricas. Sendo assim, para as características do protocolo estudado, a ação muscular concêntrica foi determinante da ativação do músculo peitoral maior.

Essa resposta aconteceu mesmo com um menor número de repetições sendo realizadas no protocolo 4-2, mostrando que a realização de um maior número de repetições nem sempre resulta em uma maior ativação muscular, conforme sugerido por Drinkwater *et al.* (2005) e Izquierdo *et al.* (2006). Embora o número de repetições tenha sido menor no protocolo 4-2, o fato de a duração da ação concêntrica neste protocolo ter sido maior (4s) resultou em um maior tempo total sob tensão referente à ação concêntrica quando comparado ao protocolo 2-4, reforçando que a resposta da $iEMG_N$ no protocolo 4-2 foi influenciada pela duração da ação muscular concêntrica. Esse resultado mostra que a prescrição baseada na manipulação do NMR, com o objetivo de alcançar uma maior ativação muscular pode não ser alcançada, pois no presente estudo foi verificado que uma maior duração da ação muscular concêntrica no protocolo 4-2 provocou um menor número de repetições comparado ao protocolo 2-4 e, mesmo assim, uma maior ativação muscular foi verificada no protocolo 4-2.

Como os protocolos de treinamento investigados envolvem a realização de uma ação muscular excêntrica seguida de uma ação concêntrica (ciclo de alongamento-encurtamento; CAE) é possível que este mecanismo influencie a

amplitude do sinal eletromiográfico. Quando intensidades submáximas são utilizadas, é esperado que a $iEMG_N$ da ação concêntrica seja reduzida quando maiores velocidades das ações musculares excêntricas são realizadas pois, o aproveitamento da energia elástica acumulada na unidade musculotendínea possibilitaria uma menor solicitação dos componentes contráteis (CRONIN; MCNAIR; MARSCHALL, 2002; TURNER; JEFFREYS, 2010).

No presente estudo a velocidade média da ação excêntrica foi maior no protocolo 4-2 quando comparado ao protocolo 2-4 ($F = 253,3$ e $p < 0,001$). Desta forma, poderia ser esperado um melhor aproveitamento do CAE no protocolo 4-2 com conseqüente redução da $iEMG_N$ para este protocolo e aumento no NMR (SAKAMOTO; SINCLAIR, 2006). Contudo, mesmo com um possível melhor aproveitamento do CAE no protocolo 4-2, este mecanismo não foi suficiente para que o número de repetições fosse similar ao do protocolo 2-4 e nem para reduzir a $iEMG_N$ para o protocolo 4-2. Esta argumentação reforça a importância da duração da ação concêntrica como fator determinante da resposta verificada.

Entretanto, o músculo tríceps braquial não apresentou uma resposta semelhante entre os protocolos para a $iEMG_N$, já que o efeito principal do protocolo para este músculo não foi significativo, rejeitando o esperado pela hipótese 3. Diversos estudos já mostraram diferentes respostas na ativação muscular entre os músculos peitoral maior e tríceps braquial durante a execução de um mesmo protocolo de treinamento no exercício supino (BRENNECKE *et al.*, 2009; MCCAW; FRIDAY, 1994; SAKAMOTO; SINCLAIR, 2012). Brennecke *et al.* (2009), ao comparar dois protocolos com NMR, encontraram diferenças na amplitude do sinal eletromiográfico para o tríceps braquial enquanto que, para o peitoral maior, não houve diferença. McCaw e Friday (1994) verificaram uma menor ativação do tríceps braquial no início e no final da ação muscular excêntrica durante a execução do exercício supino guiado na intensidade de 60% de 1RM, o que não ocorreu com o peitoral maior. Já Sakamoto e Sinclair (2012) mostraram que a amplitude do sinal eletromiográfico em protocolos com diferentes durações da repetição apresentou diferença no efeito de interação entre os fatores intensidade do

exercício e velocidade da repetição para o peitoral maior, o que não ocorreu com o tríceps braquial.

Sendo assim, essa variação da resposta eletromiográfica entre os músculos pode estar relacionada com o resultado distinto na ativação muscular no presente estudo. De acordo com a TAB. 5, o músculo tríceps braquial apresentou maiores valores de desvio padrão que o peitoral maior. Esse maior desvio padrão significa que os valores individuais da $iEMG_N$ para o tríceps braquial apresentaram maior variação em relação à média dos grupos, indicando que cada indivíduo pode ter utilizado uma estratégia diferente para a execução da tarefa que resultou em um diferente comportamento na ativação entre os músculos peitoral maior e tríceps braquial. Entretanto, essa maior variabilidade na ativação do tríceps braquial durante o exercício supino ainda não foi esclarecida.

Foi encontrado efeito principal significativo do fator série para os dois músculos analisados, sendo que a $iEMG_N$ da primeira série foi menor que a segunda e a terceira séries e a segunda série foi menor que a terceira. Esses resultados confirmam o esperado pela hipótese 4 e indicam um aumento da ativação muscular no decorrer das séries para os dois protocolos, provavelmente, porque a pausa não foi suficiente para a recuperação completa dos voluntários entre as séries. Assim, a execução da série seguinte provavelmente foi iniciada ainda em fadiga, o que demandou a participação de outras unidades motoras, resultando em maior $iEMG_N$ ao longo das séries.

Não foram encontrados estudos que avaliaram a resposta do sinal eletromiográfico entre séries em protocolos com ações musculares concêntricas e excêntricas. Subsídios para explicar as diferenças entre as séries foram apresentados pelas pesquisas que investigaram a ativação muscular das ações musculares concêntrica e excêntrica no decorrer de uma série única (KAY *et al.*, 2000; PINCIVERO *et al.* 2006; SAKAMOTO; SINCLAIR, 2012). Para as ações concêntricas, o recrutamento de unidades motoras é aumentado ao final da série na maioria dos estudos (KAY *et al.*, 2000; PINCIVERO *et al.* 2006; SAKAMOTO; SINCLAIR, 2012). Já os estudos que

analisaram a resposta eletromiográfica da ação excêntrica em séries únicas têm mostrado resultados controversos. No estudo de Pincivero *et al.* (2006), a amplitude do sinal eletromiográfico na ação excêntrica do quadríceps diminuiu no decorrer das repetições realizadas durante uma série até a fadiga. Por outro lado, Kay *et al.* (2000) não verificaram alterações significantes na amplitude do sinal eletromiográfico do músculo reto femoral.

Partindo dessas informações e da expectativa de que a pausa não seria suficiente para uma recuperação completa entre as séries, a execução da mesma tarefa nas séries seguintes demandaria a participação de mais unidades motoras, o que resultaria em maior $iEMG_N$. Os dados do presente estudo suportam esse raciocínio ao encontrar aumentos da $iEMG_N$ ao longo das séries para os dois músculos analisados, nos dois protocolos.

4.3 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 durante o exercício.

Além disso, 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 da série com a fadiga. Estudos futuros que objetivam investigar esta temática deveriam considerar este aspecto nos métodos.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que em protocolos de treinamento realizados no supino guiado com maior duração da ação muscular concêntrica foi possível realizar um menor número de repetições quando comparado ao outro protocolo. Além disso, os dois músculos estudados responderam de maneira diferente aos mesmos protocolos, pois o peitoral maior apresentou maior ativação no protocolo com maior duração da concêntrica e o tríceps braquial não apresentou diferença entre os protocolos. Entretanto, para a análise no decorrer das séries, os dois músculos responderam de maneira semelhante, apresentando aumentos na ativação muscular.

REFERÊNCIAS

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

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.

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.

BUITRAGO *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.

BRENNECKE *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.

CACCHIO *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 two different intervals recovery. **The FIEP Bulletin**, v.76, p.145-148, 2006.

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 *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 *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 *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.

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

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 *et al.* 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 kraftfähigkeiten und ihrer trainingsmethoden. **Deutsche Leitschrift Für Sportmedizin**, v.50, n.7-8, p.223-234, 1999.

HEADLEY *et al.* 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 *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 *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 *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 *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 *et al.* Effects 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.

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 *et al.* 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 *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.; 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.

PINCIVERO *et al.* Quadriceps femoris electromyogram during concentric, isometric and eccentric phases of fatiguing dynamic knee extensions. **Journal of Biomechanics**, v.39, p.246-254, 2006.

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.

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.

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

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.

SCHICK *et al.* 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 *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.

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

TURNER, A.N.; JEFFREYS, I. The stretch-shortening cycle: proposed mechanisms and methods for enhancement. **Strength and Conditioning Journal**, v.32, n.4, p.87-99, 2010.

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

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.

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.

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.

APÊNDICE A

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 EEFFTTO/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
B	60% RM	4:2	3	MAX	3

Ação muscular concêntrica:excêntrica, respectivamente, em segundos.

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 disto, 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 de 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 A

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