

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Escola de Educação Física

**Marcelo Gava Pompermayer**

**Dano muscular em exercícios de força: multiarticular X monoarticular**

Porto Alegre  
2012

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Escola de Educação Física

**Marcelo Gava Pompermayer**

**Dano muscular em exercícios de força: multiarticular X monoarticular**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como pré-requisito para a conclusão do curso de Licenciatura em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto

Porto Alegre  
2012

**Marcelo Gava Pompermayer**

**Dano muscular em exercícios de força: multiarticular X monoarticular**

Conceito Final:

Aprovado em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ - UFRGS

Orientador: Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto – UFRGS

## **Agradecimentos**

Gostaria de agradecer, primeiramente, à minha família, em especial aos meus pais Eliete Maria Gava e José Atílio Pompermayer por nunca medirem esforços para proporcionarem as condições necessárias para meu desenvolvimento educacional e pessoal, além de permitirem que eu tivesse autonomia para escolher meu próprio caminho quando, com 13 anos saí de casa e de minha cidade natal, Bento Gonçalves, para buscar o sonho de me tornar jogador de basquete, na cidade de Lajeado.

Não posso imaginar essa trajetória sem o apoio de meus colegas de time, meus colegas de apartamento e meus técnicos Ubirajara Hertzner (Bira) e Clairton Wachholz (Xis). Com todos esses aprendi mais do que jogar basquete. Aprendi valores. Aprendi sobre responsabilidade, sobre espírito de equipe, sobre ganhar e perder, sobre a verdadeira amizade e sobre o sincero amor. Aprendi sobre a vida.

Cheguei como uma criança. Saí como um homem.

Saí para morar em Porto Alegre com meu grande irmão Marcos Gava Pompermayer e para me empenhar no novo objetivo de entrar na UFRGS. Entrei e contei com a ajuda de uma pessoa especial e iluminada, meu grande amigo e um dos irmãos que a vida me permitiu escolher: Alex Orsolini. Infelizmente, neste ano de 2012, por algum motivo que não nos cabe entender, ele partiu. Partiu e deixou por aqui uma dor e uma saudade imensa. Mas maiores ainda foram seus ensinamentos. E, de alguma forma inexplicável, os laços criados na sua presença, ficaram ainda mais fortes na sua ausência.

Laços, estes, que foram imprescindíveis para continuar trilhando o caminho. E que são. Porque, se há algo de importante que se deve passar adiante é que a vida é pequena e frágil, de modo que o que a engrandece e a solidifica são as relações verdadeiras que construímos durante essa jornada.

Assim, gostaria de agradecer a todas as pessoas que, de alguma maneira, auxiliaram na concretização desta etapa e fizeram com que esses quatro anos se tornassem mais do que, simplesmente, uma formação acadêmico-profissional, mas também, um período de felicidade plena. À família, aos amigos e aos mestres o meu muito obrigado.

## RESUMO

Uma adequada sessão de treinamento de força incorpora ações musculares concêntricas, excêntricas e isométricas. Todas as contrações musculares induzem dano muscular, porém existe um consenso na literatura de que as contrações excêntricas induzem um maior nível de dano. Além do tipo de contração, outros fatores como a escolha dos exercícios, mono e multiarticular, também podem influenciar a magnitude do dano muscular, de modo que alguns exercícios podem induzir contrações musculares mais intensas do que outros. Entretanto, para nosso conhecimento, na literatura não há estudos comparando a diferença entre exercícios mono e multiarticulares no que se refere ao dano muscular. Portanto, o objetivo do presente estudo foi comparar o dano muscular induzido por um exercício monoarticular e multiarticular nos músculos flexores de cotovelo braquial e bíceps braquial de homens jovens sem experiência prévia com treinamento de força. Seis sujeitos foram divididos em dois grupos, sendo que um deles realizou o exercício multiarticular puxada pela frente e o outro grupo realizou o exercício monoarticular flexão de cotovelo. O protocolo de exercício foi constituído por 4 séries de 10 repetições a 80% de 1 repetição máxima. As avaliações foram realizadas pré e imediatamente pós-exercício, assim como 24, 48, 72 e 96h após o protocolo de exercício. Os marcadores indiretos de dano muscular analisados foram: a) Decréscimo na força (CIVM); b) Circunferência do braço (CIR); c) Dor muscular tardia por palpação e extensão (DMT-pal e DMT-ext); d) Espessura muscular (EM); e e) *Echo intensity* (EI). Os dados foram apresentados de forma descritiva (média e desvio padrão) sem utilização de estatística inferencial, visto que o 'n' amostral não foi substancial. A redução da força foi entre 2 e 11% no grupo monoarticular, enquanto que no grupo multiarticular foi entre 2 e 16%. Em relação à CIR, o aumento observado foi entre 0,6 e 1,6% para o grupo monoarticular e 0,4 e 2,5% para o grupo multiarticular. A EM aumentou entre 1 e 9% para o grupo monoarticular e entre 1 e 10% para o grupo multiarticular. A DMT-pal e DMT-ext apresentaram aumento entre 0,3 e 11% e 0,3 e 14%, respectivamente, para o grupo monoarticular, enquanto que para o grupo multiarticular, os aumentos variaram, respectivamente, entre 1 e 3% e 1 e 10%. A EI apresentou incrementos na faixa de 3 a 4% para o grupo multiarticular e 3 a 6% para o grupo multiarticular. Os resultados apontam para um comportamento similar entre os dois grupos, de modo que exercícios multi e monoarticulares pareceram induzir respostas semelhantes sobre os marcadores indiretos de dano muscular.

Siglas:

ATP – Adenosina trifosfato

CIR – Circunferência de segmento

CK – Creatina Cinase

cm - centímetro

DMT – Dor muscular tardia

CIVM – Contração Isométrica Voluntária Máxima

EI – *Echo intensity*

EM – Espessura Muscular

EMG - Eletromiografia

ESEF – Escola de Educação Física

h – hora

kg - quilograma

LAPEX – Laboratório de Pesquisa do Exercício

LDH – Lactato desidrogenase

m – metro

MHz – Mega-hertz

MIDM – Marcadores indiretos de dano muscular

ml – mililitro

mm – milímetros

Nm – Newton-metro

RM – Repetição máxima

RMS – *Root Mean Square*

s – Segundo

TCLE – Termo de Compromisso Livre e Esclarecido

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## Sumário

1. Introdução.....	9
1.1. Objetivo Geral.....	10
1.2. Objetivos Específicos.....	10
2. Revisão de Literatura.....	11
2.1. Conceitos e Definições sobre Dano Muscular.....	11
2.2. Dano Muscular e Marcadores Indiretos de Avaliação.....	11
2.2.1. Dano Muscular e Produção de Força Muscular.....	11
2.2.2. Dano Muscular e Dor muscular tardia.....	13
2.2.3. Dano Muscular e Circunferência do Segmento.....	15
2.2.4. Dano Muscular e Ultrassonografia.....	16
2.2.6. Dano Muscular X Tipo de Contração.....	17
2.2.7. Dano Muscular X Intensidade da Carga Excêntrica.....	18
3. Materiais e Métodos.....	21
3.1. Problema de Pesquisa.....	21
3.2. Amostra.....	21
3.2.1. Características da Amostra.....	21
3.2.2. Critérios de Inclusão.....	21
3.2.3. Critérios de Exclusão.....	22
3.3. Procedimentos Éticos.....	22
3.4. Delineamento do Estudo e Definição Operacional das Variáveis....	22
3.5. Instrumentos.....	22
3.6. Procedimentos Metodológicos.....	23
3.6.1. Protocolo dos Exercícios de Força.....	23
3.6.1.1. Exercício Multiarticular.....	23
3.6.1.2. Exercício Monoarticular.....	24
3.6.1.3. Amplitude de Movimento.....	24
3.6.2. Protocolos de Avaliação.....	25
3.6.3. Desenho Experimental.....	26
3.6.4. Teste de Uma Repetição Máxima (1RM).....	26
3.6.5. Eletromiografia.....	27
3.6.6. Contrações Isométricas Voluntárias Máximas.....	29

3.6.7. Circunferência do Segmento.....	29
3.6.8. Dor muscular tardia.....	29
3.6.9. Espessura Muscular e <i>Echo intensity</i> .....	29
3.7. Análise Estatística.....	30
4. Resultados.....	31
4.1. Ativação Neural.....	31
4.2. Decréscimo na Produção de Força.....	31
4.3. Circunferência.....	32
4.4. Dor Muscular Tardia por Palpação e Extensão.....	33
4.5. Espessura Muscular.....	34
4.6. <i>Echo intensity</i> .....	34
5. Discussão.....	36
6. Conclusão.....	40
Referências.....	41
Anexos.....	48



## 1. Introdução

O dano muscular, atualmente, vem sendo estudado em diversas perspectivas com o intuito de entender as adaptações neuromusculares ao treinamento de força e suas repercussões na periodização do treinamento de praticantes da modalidade.

O treinamento de força, quando bem programado, incorpora uma mistura de ações musculares concêntricas, excêntricas e isométricas (NEWTON et al., 2008), sendo consenso na literatura que as contrações excêntricas induzem um nível dano muscular mais significativo (CHAPMAN et al., 2005; JAMURTAS et al., 2005; McHUGH, 2002; MORGAN & PROSKE, 2001; NEWTON et al, 2008). Segundo Chapman et al. (2005), alguns outros fatores além da contração muscular também contribuem para a dimensão do dano muscular, sendo eles: a) amplitude de movimento e o b) torque gerado durante a ação muscular. Assim, em decorrência desses fatores o dano muscular pode repercutir de maneira distinta em diversas situações peculiares no que diz respeito ao treinamento de força, como por exemplo, quando são realizados exercícios monoarticulares e multiarticulares, já que cada um destes pode apresentar diferenças no que diz respeito a essas variáveis.

Os exercícios multiarticulares autodenominam-se exercícios que envolvem mais de uma articulação e mais de um grupo muscular na execução do movimento. Esses exercícios possuem ações coordenadas de grupos musculares para a realização de movimento em duas ou mais articulações (FLECK & JUNIOR, 2003), implicando em um aprendizado motor mais demorado e complexo. Já os exercícios monoarticulares, por outro lado, têm por característica o isolamento de um grupo muscular através do movimento de apenas uma articulação (FLECK & JUNIOR, 2003), resultando em um movimento mais simples e de fácil aprendizado motor.

Assim, devido às diferentes características entre exercícios multi e monoarticulares em relação à cinesiologia, amplitude de movimento e ativação muscular, estes podem induzir distintas respostas no que se refere ao dano muscular. O conhecimento sobre essas diferenças podem ser importantes para a prescrição de tais exercícios, sobretudo pelo tempo de intervalo adequado e necessário entre as sessões de treinamento, após a realização de um exercício monoarticular e um exercício multiarticular.

No entanto, para nosso conhecimento, nenhum estudo comparou os exercícios multiarticulares e monoarticulares no que diz respeito ao dano muscular induzido. Estas informações deverão trazer elementos mais apurados e próximos da realidade prática para o profissional da educação física planejar e organizar a rotina de treino de seus atletas e alunos.

### 1.1. Objetivo Geral

Comparar a resposta de marcadores indiretos de dano muscular nos músculos flexores de cotovelo, bíceps braquial e braquial, de sujeitos jovens destreinados em força, após a realização de uma sessão de treinamento de força utilizando um exercício monoarticular e multiarticular.

### 1.2. Objetivos Específicos

Comparar o decréscimo prolongado da força muscular na flexão de cotovelo de sujeitos jovens destreinados em força, submetidos a uma sessão de treinamento de força em um exercício monoarticular e multiarticular.

Comparar o desenvolvimento da dor muscular tardia nos músculos flexores de cotovelo, bíceps braquial e braquial, de sujeitos jovens destreinados em força, submetidos a uma sessão de treinamento de força em um exercício monoarticular e multiarticular.

Comparar o aumento na circunferência do braço de sujeitos jovens destreinados em força, submetidos a uma sessão de treinamento de força em um exercício monoarticular e multiarticular.

Comparar o aumento na espessura muscular dos músculos flexores de cotovelo, bíceps braquial e braquial, de sujeitos jovens destreinados em força, submetidos a uma sessão de treinamento de força em um exercício monoarticular e multiarticular.

Comparar o aumento na *echo intensity* dos músculos flexores de cotovelo, bíceps braquial e braquial, de sujeitos jovens destreinados em força, submetidos a uma sessão de treinamento de força em um exercício monoarticular e multiarticular.

Comparar o nível de ativação do músculo bíceps braquial por meio de eletromiografia de superfície de sujeitos jovens destreinados em força, submetidos a um exercício monoarticular e multiarticular.

## 2. Revisão de Literatura

### 2.1. Conceitos e definições sobre dano muscular

O dano muscular pode ser conceituado a partir de diferentes perspectivas, dentre elas: mecânicas, estruturais, neurais e bioquímicas.

O exercício extenuante, essencialmente o excêntrico (McHUGH, 2003), danifica as estruturas celulares dos músculos e rompe a matriz extracelular, causando efeitos deletérios na função muscular (BAR et al., 1994; STAUBER et al., 1990).

Dentre as principais conseqüências de um protocolo de exercício indutor de dano muscular, duas são pontuais: a) rompimento de sarcômeros; e b) danificação dos componentes do acoplamento excitação-contração no músculo esquelético (PROSKE & MORGAN, 2001). O rompimento da linha Z também é uma característica comum observada em músculos induzidos ao dano muscular por exercício excêntrico (PROSKE & MORGAN, 2001). Outras alterações importantes que devem ser explicitadas se referem ao dano no interior das fibras musculares: sarcolema, túbulos T, miofibrilas e citoesqueleto (ARMSTRONG et al. 1983).

Os fatores mecânicos parecem dar início ao dano muscular, enquanto a alteração da homeostase do Cálcio e os processos inflamatórios aumentam este dano nos dias subseqüentes ao exercício (CLARKSON & SAYERS, 1999).

### 2.2. Dano muscular e marcadores indiretos de avaliação

O dano muscular pode ser avaliado utilizando diferentes parâmetros, dependendo da abordagem do estudo. Inúmeras pesquisas se detêm a uma avaliação da força muscular, dor muscular tardia, amplitude de movimento e circunferência do segmento. Outras optam por um olhar mais bioquímico, avaliando enzimas sanguíneas e musculares. E ainda, é bastante utilizado o diagnóstico de dano muscular por imagem (ultrassonografia).

#### 2.2.1. Dano muscular e produção de força muscular

Dentre os processos causados pelo dano muscular induzido pelo exercício podemos destacar uma prolongada deficiência da função neuromuscular e conseqüentemente diminuição prolongada da produção de

força, tanto em contrações musculares voluntárias como em contrações induzidas eletricamente (BYRNE et al., 2004). Este fenômeno ocorre, principalmente devido a fatores como desorganização e rompimento de sarcômeros em série, alteração na formação de pontes cruzadas e na relação excitação-contração entendendo-se, segundo Warren et al. (2001), como a cascata de eventos que ocorre desde a liberação de acetilcolina na junção neuromuscular, até a liberação de cálcio pelo retículo sarcoplasmático (PROSKE & MORGAN, 2001). Outros desequilíbrios têm sido notados em estudos relacionados ao metabolismo celular de músculos induzidos ao dano muscular por exercício, tais como dificuldade de transporte de substratos e metabólitos (CLARKSON & SAYERS, 1999). Nesta perspectiva, Asp et al. (1995) encontraram diminuição na concentração de glicogênio muscular e de GLUT-4 em 24h e 48h pós-exercício excêntrico, sugerindo que a baixa concentração de glicogênio é consequência do decréscimo no transporte de glicose nas células musculares, justificando a documentada perda de força relacionada ao dano muscular.

Chapman et al. (2005) compararam a diminuição de força de homens destreinados, após realizarem contrações excêntricas em alta velocidade ( $210^{\circ} \cdot s^{-1}$ ) e baixa velocidade ( $30^{\circ} \cdot s^{-1}$ ) (sendo que a padronização das duas situações foi feita pelo tempo de contração: 120 segundos). Os autores observaram um decréscimo significativo no torque isométrico máximo de flexores de cotovelo nas duas situações, e que continuou significativamente mais baixo do que na situação pré-exercício até 96 horas. Na velocidade rápida, entretanto, o decréscimo foi significativamente mais acentuado do que na velocidade lenta (72% e 28% de decréscimo, respectivamente). Newton et al. (2008), avaliando também o decréscimo prolongado da força de homens jovens destreinados em força, encontraram uma diminuição de 47% do torque isométrico máximo de flexores de cotovelo comparando-se à situação pré-exercício após um protocolo de 60 repetições excêntricas máximas a uma velocidade de  $90^{\circ} \cdot s^{-1}$ .

O decréscimo na produção de força é observado também em contrações dinâmicas. Skurvydas et al. (2011) submeteram sujeitos ativos, porém sem envolvimento com programas de exercício físico específicos, a 100 drop-jumps (assumindo que o ciclo alongamento-encurtamento possui um forte

componente excêntrico) e avaliaram o torque concêntrico isocinético dos extensores do joelho em 6 diferentes ângulos a uma velocidade de  $30^{\circ} \cdot s^{-1}$ . O torque sofreu uma diminuição significativa em todos os ângulos avaliados ( $80^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $100^{\circ}$ ,  $110^{\circ}$ ,  $120^{\circ}$  e  $130^{\circ}$ ) ( $180^{\circ}$  = extensão completa de joelho), sendo este decréscimo significativamente mais acentuado nos ângulos de  $110^{\circ}$ - $130^{\circ}$  em comparação ao ângulo de  $80^{\circ}$ , trazendo, adicionalmente, a importante informação de que o músculo submetido ao dano muscular induzido por exercício é mais afetado nos ângulos em que se encontra menos alongado. Este achado pode ser explicado, em parte, pelo deslocamento para a direita na relação comprimento-tensão do músculo (SKURVYDAS et al., 2011).

Chen et al. (2007), após submeterem homens jovens a 30 repetições excêntricas de flexores de cotovelo numa intensidade de 100% de uma contração isométrica voluntária máxima, notaram um deslocamento significativo no ângulo ótimo de produção de força deste grupamento muscular para uma posição mais alongada, corroborando, para a situação do estudo, a hipótese supracitada no parágrafo anterior.

Em suma, a diminuição de força muscular é uma medida de avaliação confiável e fidedigna para quantificar o dano muscular induzido pelo exercício, com a ressalva de que, dependendo do tamanho da amostra, pode haver variações quanto à reprodutibilidade deste marcador indireto (MORTON et al., 2005).

#### 2.2.2. Dano muscular e dor muscular tardia

A dor muscular é comum em exercícios que envolvam ações musculares excêntricas (LEE et al., 2001). A dor muscular tardia inicia sua manifestação entre 8-10h pós-exercício, atingindo o pico entre 24-72h (ESTON et al., 1996). Os mecanismos que levam a este quadro não estão bem esclarecidos. Há, no entanto, algumas hipóteses: a) dano muscular às estruturas contráteis e elásticas (associado, essencialmente, a contrações excêntricas); b) dano nas membranas celulares, levando ao extravasamento de cálcio que por sua vez acarreta necrose tecidual, com o pico ocorrendo por volta em 2 dias pós-exercício; c) os produtos da atividade dos macrófagos e o conteúdo intracelular se acumula no espaço intersticial, estimulando terminações nervosas específicas que causam a dor muscular tardia (ARMSTRONG, 1984).

Lee et al. (2001), encontraram aumentos dramáticos na concentração de creatina cinase no sangue assim como um incremento significativo na dor muscular tardia depois de uma única série de exercício excêntrico. Newton et al. (2008) também encontraram aumentos significativos na dor muscular tardia, em concomitância com outros marcadores indiretos de dano muscular. De maneira geral, a literatura reporta que o pico de dor é observado em 48h pós-exercício (JONES et al., 1997).

A dor muscular tardia, entretanto, e por si só, não representa um marcador indireto de dano muscular confiável, o que traz importantes implicações práticas para treinadores, técnicos e preparadores físicos.

Nosaka et al. (2002) realizaram um estudo no qual dividiram 110 sujeitos em três grupos; cada grupo realizou um protocolo diferente de exercício excêntrico de flexão de cotovelo (12, 24 e 60 repetições máximas). Após, avaliaram o torque isométrico, circunferência do segmento, amplitude de movimento, concentração de creatina cinase, *echo intensity* das imagens por ultrassonografia e a dor muscular tardia (3 protocolos: palpação, extensão de cotovelo e flexão de cotovelo). Os resultados demonstraram que nenhuma correlação foi encontrada entre dor pelo método de palpação e todos os outros marcadores indiretos de dano muscular, enquanto que algumas fracas correlações foram encontradas entre dor por extensão/flexão de cotovelo e as outras mensurações de dano muscular. A dor muscular tardia, portanto, não parece estar relacionada à magnitude do dano muscular, mas sim ao exercício excêntrico, visto que as ações musculares isométricas e concêntricas raramente levam a um quadro de dor muscular tardia (ARMSTRONG, 1984). O inchaço muscular (representado, por exemplo, pela circunferência do segmento) também parece não estar associado à dor muscular, visto que o decréscimo da dor coincide com o pico do inchaço muscular (NOSAKA et al., 2002).

O que indica e que informação traz, portanto, a dor muscular tardia?

Destacando dois tipos de receptores de dor, as fibras mielinizadas do tipo III enviam informações precisas rapidamente ao cérebro enquanto as fibras desmielinizadas do tipo IV enviam informações ao cérebro em uma velocidade relativamente lenta. Os receptores do tipo IV são encontrados nos tecidos conectivos, entre as fibras musculares intra e extrafusais, perto de arteríolas e

vênulas, nas cápsulas dos órgãos tendinosos de Golgi e na junção músculo-tendínea (MILES & CLARKSON, 1994).

A dor muscular tardia parece estar associada, então, ao exercício excêntrico e relacionada à inflamação dos tecidos conjuntivos no músculo ou próximo a ele, ativando os referidos receptores e levando ao quadro de dor.

### 2.2.3. Dano muscular e circunferência do segmento

Contrações excêntricas levam a sensações de dor e rigidez muscular nos dias subsequentes ao exercício (HOUGH, 1902). O dano na musculatura leva a uma resposta inflamatória que é acompanhada por formação de edema (PROSKE & MORGAN, 2001), sendo a circunferência do segmento uma medida importante e bastante utilizada para a mensuração deste quadro.

Chen et al. (2011) avaliaram quatro grupos musculares (flexores e extensores de cotovelo e flexores e extensores de joelho) após submeter os sujeitos a 5 séries de 6 contrações excêntricas máximas a uma velocidade angular de  $90^{\circ}.s^{-1}$  para cada músculo avaliado. Foi respeitado um período de 4-5 semanas de intervalo entre as avaliações para cada músculo para evitar efeitos de interferência. Aumentos significativos na circunferência do membro foram revelados para os flexores e extensores do cotovelo e para os flexores de joelho; houve, ainda, diferença significativa entre os músculos do cotovelo e os flexores de joelho. Este fato provavelmente ocorreu devido a um mesmo número de séries/repetições ter sido utilizado tanto para membros superiores quanto para membros inferiores.

Newton et al. (2008), comparando sujeitos treinados e destreinados em força, observaram que, após 10 séries de 6 repetições máximas de flexores de cotovelo a uma velocidade angular de  $90^{\circ}.s^{-1}$ , houve um incremento significativo da circunferência do braço, sendo o pico de edema muscular observado 1 dia após o exercício, enquanto que para os destreinados, somente após 5 dias. Relevante observar também que, a partir do terceiro dia, houve diferença significativa entre os dois grupos.

Chen et al. (2007), comparando quatro contrações excêntricas de diferentes intensidades, relataram que o aumento da circunferência dos flexores de cotovelo é diretamente proporcional à intensidade das ações

musculares. Importante salientar, entretanto, que, após todas as intensidades de trabalho, houve um incremento significativo na circunferência do segmento, e, ainda, que o pico de edema/inchaço ocorreu em 4-5 dias pós-exercício.

Em todos os estudos supracitados, o comportamento da circunferência do segmento foi muito similar ao comportamento da força muscular (que é um marcador indireto de dano muscular de grande fidedignidade), demonstrando que a circunferência do segmento aparece na literatura como um marcador indireto importante na avaliação do dano muscular induzido por exercício.

#### 2.2.4. Dano muscular e ultrassonografia

A ultrassonografia, é um método diagnóstico de precisão, muito utilizado na medicina esportiva para avaliação de lesões, que utiliza frequências ultrassônicas de 5 a 20 milhões de ciclos por segundo, fazendo um mapeamento das estruturas musculoesqueléticas localizadas em até 8 centímetros da sonda a uma resolução de 0,1 a 0,2 milímetros (NOFSINGER & KONIN, 2009).

A tomografia computadorizada e a ressonância magnética são amplamente aceitos para avaliação do volume musculoesquelético, sendo padrão ouro neste campo. A ultrassonografia, entretanto, é um método fidedigno para predição de volume muscular de membros superiores, apresentando um erro aproximado de apenas 7% em relação a metodologias de padrão ouro (MIYATANI et al., 2000).

A ultrassonografia (*B-mode*) utiliza uma escala de cinza (0: preto a 255: branco) para determinar o grau de dano muscular, mesmo que os mecanismos que explicam tal comportamento ainda não sejam claros (FUJIKAKE et al., 2009).

Poucos trabalhos utilizam a *echo intensity* para avaliar protocolos convencionais de força. Em um destes trabalhos, Radaelli et al. (2012) avaliaram, através de ultrassonografia, a EM e a EI dos flexores de cotovelo de mulheres submetidas a uma sessão unilateral de treinamento de força convencional para flexores de cotovelo (4 séries de 10 repetições a 80% de 1RM). O Bíceps Braquial apresentou incrementos significativos na *echo intensity* (0h=0%; 24h=6%; 48h=11% e 72h=14%) em comparação ao braço



controle, o qual não realizou o protocolo, assim como na espessura muscular (0h=9,9% 24h=5,6% 48h=5,4% 72h=3,6%). No entanto, para nosso conhecimento, nenhum trabalho avaliou o dano muscular em músculos flexores de cotovelo resultantes de exercícios monoarticulares X multiarticulares.

### 2.3. Dano muscular X tipo de contração

As contrações musculares excêntricas, nas quais o músculo é alongado por uma carga externa tal que exceda a produção de força do determinado grupo muscular, resulta em maior dano do que as contrações concêntricas (CLARKSON & SAYERS, 1999). Uma razão pela qual as contrações excêntricas causam mais dano muscular é devido ao fato de que menos unidades motoras são recrutadas durante este tipo de ação muscular; assim, uma menor área do músculo é ativada e, conseqüentemente, uma mesma carga é suportada por menos unidades motoras, comparando-se a contrações concêntricas, sobrecarregando essas estruturas (ENOKA, 1996).

Newman et al. (1983) compararam os dois tipos de contrações quanto a mudanças estruturais coletadas através de biópsia muscular do quadríceps. Quatro sujeitos foram submetidos a um teste de step de 20 minutos, onde uma perna realizou contrações concêntricas e a outra contrações excêntricas, totalizando o mesmo trabalho ao final do teste para as duas situações. Nenhuma anormalidade morfológica foi constatada nas avaliações pré-teste e pós-contrações concêntricas. Nas contrações excêntricas, por outro lado, anormalidades foram encontradas logo após o exercício, sendo mais marcantes nos subseqüentes 1-2 dias. Mudanças como rompimento e desorganização de sarcômeros e linhas-Z, desorientação dos miofilamentos e organelas deslocadas de sua posição usual foram observadas nas análises.

Sob uma perspectiva bioquímica, Sorichter et al. (1997) avaliaram a concentração de enzimas relacionadas às estruturas musculares (creatina cinase, mioglobina e miosina de cadeia pesada) na corrente sanguínea. Nos sujeitos submetidos a contrações concêntricas, não houve diferença entre a concentração enzimática, enquanto que nas contrações excêntricas, houve diferença significativa entre o pré e pós-exercício de todas as enzimas avaliadas.

Hamlin e Quigley (2001) avaliaram a influência de contrações concêntricas e excêntricas na dor, força e fadiga muscular do quadríceps após 20 minutos de teste de step. Não houve dor muscular após três horas de exercício em nenhuma das contrações ou após 24h e 48h da realização de contrações concêntricas. Em 24h e 48h após as contrações excêntricas, os sujeitos reportaram dor, sensação de rigidez e instabilidade muscular. A dor e a fadiga foram reportadas em ambas as situações, porém, após as contrações excêntricas, os déficits foram mais acentuados e também demoraram mais para retornar aos valores originais.

Está bem estabelecido na literatura, através de diversas metodologias e perspectivas, de que a contração excêntrica é a que induz, prioritariamente, ao dano muscular.

#### 2.4. Dano muscular X intensidade da carga excêntrica

A distribuição de cargas em uma periodização no treinamento de força se dá através de uma repetição máxima concêntrica (1RM). Desta forma, fica implícito que, no treinamento de força tradicional, as ações musculares excêntricas acontecem, majoritariamente, em níveis submáximos (NEWTON et al, 2008).

Muitos estudos induzem e avaliam o dano muscular através de contrações excêntricas máximas. Esta situação, entretanto, não se aplica ao contexto de treinamento de força convencional, pois as respostas dos marcadores indiretos podem ser superestimadas. Nessa perspectiva, estudos estão sendo desenvolvidos visando uma comparação entre diferentes intensidades de contrações excêntricas de forma a aproximar a teoria da prática.

Nosaka e Newton (2002) submeteram oito sujeitos a realizar, com um braço, 3 séries de 10 contrações excêntricas máximas e, com o outro braço, 3 séries de 10 contrações excêntricas a 50% da força isométrica máxima de flexores de cotovelo. Os seguintes marcadores foram avaliados: força isométrica máxima, amplitude de movimento, circunferência do segmento, espessura muscular, dor muscular e creatina cinase. O nível de força na situação máxima caiu para 47%, enquanto que na submáxima, caiu para 61%, caracterizando um decréscimo significativamente menor na condição de 50%

da força isométrica. A recuperação também foi significativamente mais rápida para a situação submáxima do que para a situação máxima, sendo que no quinto dia de avaliação, o nível de força reportado foi de 92% e 68%, respectivamente. A respeito da amplitude de movimento, não houve diferença entre as duas situações imediatamente após o protocolo de exercício; entretanto, nos dias subsequentes (1-5) houve diferença significativa. A CIR e a EM avaliada por ultrassonografia, apresentaram um comportamento similar, sendo que ambos os marcadores atingiram valores de pico no quarto dia após o exercício, sendo significativa a diferença entre as duas situações. A dor muscular avaliada por palpação não apresentou diferença entre as duas situações. No entanto, a dor muscular avaliada por extensão, foi significativamente maior na situação máxima comparando-se à situação submáxima. Por fim, a concentração sanguínea de creatina cinase também apresentou diferença significativa entre as situações, sendo significativamente maior na situação máxima.

Chen et al. (2007) dividiram 52 sujeitos em quatro grupos. Cada grupo desempenhou 30 contrações excêntricas de flexores de cotovelo em diferentes intensidades: 100%, 80%, 60%, 40%. Todos os grupos apresentaram diminuição significativa na produção de força isométrica comparando-se aos valores pré-exercício. Houve, ainda, diferença significativa entre os grupos 100% e 60%, 100% e 40%, 80% e 60%, e entre 80% e 40%. Na avaliação de circunferência do segmento, o grupo 40% apresentou incrementos significativamente menores comparado aos grupos 80% e 100%. Não foram encontradas diferenças entre os grupos 40% e 60%, 60% e 80%, 80% e 100%. Na concentração sanguínea de creatina cinase, o grupo 40% apresentou incrementos significativamente menores comparando-se aos grupos 80% e 100%. Não foram observadas diferenças entre os grupos 40% e 60%. A dor muscular foi significativamente menor para o grupo 40% em comparação aos grupos 80% e 100%, não havendo diferença significativa entre os grupos 40% e 60%, 60% e 80% e 80% e 100%.

Em estudos que utilizaram de exercícios de força convencionais e, portanto, mais próximo da realidade observada no dia-a-dia, a magnitude das respostas relacionadas ao dano muscular foram diferentes das observadas em protocolos valendo-se de contrações excêntricas em dinamômetro isocinético.

Raastad e Hallén (2000) avaliaram as diferenças presentes na perda de força entre um treinamento de força de alta e moderada intensidade. O primeiro caracterizado por 3 séries de 3 RM do exercício agachamento e por 3 séries de 6 RM do exercício extensão de joelhos. Já o segundo, caracterizou-se pelos mesmos exercícios com 70% da carga utilizada no primeiro. Após avaliação isocinética em duas velocidades angulares ( $60^{\circ} \cdot s^{-1}$  e  $240^{\circ} \cdot s^{-1}$ ) constatou-se que o pico de torque nas duas velocidades angulares foi significativamente mais baixo para a situação 100% comparada à situação 70%, entretanto, 24h após o exercício, não foram constatadas diferenças. A concentração sanguínea de creatina cinase apresentou o pico em 11 horas pós-exercício para os dois protocolos e não retornou aos valores de origem ao final de 33 horas pós-exercício. Interessantemente, os autores não encontraram correlações significativas entre a concentração de creatina cinase e as mudanças na função contrátil do músculo.

Castro et al. (2011) submeteram 9 sujeitos treinados a uma sessão tradicional de treinamento de força composta por 8 exercícios não especificados no estudo para as seguintes musculaturas: Latíssimo do Dorso, Peitoral Maior, Deltóides, Bíceps e Tríceps Braquial, Quadríceps, Isquiotibiais e Gastrocnêmios. A carga utilizada foi correspondente a 10 RM e a avaliação da recuperação muscular foi realizada por meio da concentração sanguínea de creatina cinase. O valor de CK apresentou-se significativamente maior em 24h comparando-se à situação pré-exercício. Em 48h e 72h, os valores de CK não apresentaram mais diferenças significativas em relação ao pré-teste, indicando recuperação muscular. Esses resultados sugerem que a menor magnitude das respostas de dano muscular está intimamente relacionada com a intensidade da fase excêntrica em cada repetição (RAASTAD & HALLÉN, 2000).

### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1. Problema de pesquisa

Uma sessão de treinamento de força convencional realizada com exercícios monoarticulares e multiarticulares induz diferentes respostas nos marcadores indiretos de dano muscular?

#### 3.2. Amostra

##### 3.2.1. Características da Amostra

A amostra foi voluntária e constituída por 6 sujeitos do sexo masculino, com idades entre 18 e 30 anos. Os indivíduos foram estudantes universitários, saudáveis, fisicamente ativos, porém sem experiência prévia com treinamento de força ou que não praticasse a modalidade há, no mínimo, 3 meses. Todos os participantes foram recrutados na Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul por meio de convite do pesquisador.

O número de sujeitos foi determinado através do cálculo amostral efetuado por meio do software BIOESTAT 5.0 adotando-se um nível de significância de 0,05 e um poder de 90%. Os dados utilizados para o cálculo foram selecionados do estudo de Newton et al. (2008) visto que demonstra metodologia semelhante a do presente estudo. Com base nos valores de média e desvio padrão da variável torque isométrico de flexores de cotovelo a 90° (grupo 1 –  $72.8 \pm 4.2$  e grupo 2 –  $68.4 \pm 3.2$ ), o software revelou a necessidade de um “n” amostral de 15 sujeitos por grupo.

##### 3.2.2. Critérios de Inclusão

Foram adotados os seguintes critérios de inclusão:

- Indivíduos do sexo masculino com idades entre 18 e 30 anos;
- Saudáveis (sem limitações físicas ou problemas musculoesqueléticos que impossibilitem a realização de exercícios de força);
- Sem experiência prévia em treinamento de força ou sem praticar a modalidade por, no mínimo, 3 meses;

### 3.2.3 Critérios de Exclusão

Foram adotados os seguintes critérios de exclusão:

- Sujeitos que não fossem capazes de concluir o protocolo de exercício;
- Sujeitos que se ausentassem em algum dia de avaliação;
- Sujeitos sob uso de algum tipo de medicamento e/ou suplemento.

### 3.3. Procedimentos Éticos

Os sujeitos assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido atendendo as Normas para Realização de Pesquisa em Seres Humanos. O projeto referente a este trabalho foi aprovado pelo comitê de ética da UFRGS (número do parecer: 180.680).

### 3.4. Delineamento do Estudo e Definição Operacional das Variáveis

O presente estudo é do tipo quase experimental e tem o objetivo de observar a diferença no dano muscular decorrente de exercícios multiarticulares e monoarticulares.

Variáveis independentes:

- Exercício multiarticular
- Exercício monoarticular

Variáveis dependentes:

- Marcadores indiretos de dano muscular
  - Contração isométrica voluntária máxima (CIVM)
  - Circunferência de segmento (CIR)
  - Dor muscular tardia (DMT)
  - Espessura muscular (EM)
  - *Echo intensity* (EI)

### 3.5. Instrumentos

Foram utilizados para a realização deste estudo:

- Aparelho de musculação – puxada: Sculptor (Porto Alegre, RS, Brasil);

- Barra W: Sculptor (Porto Alegre, RS, Brasil)
- Anilhas: Sculptor (Porto Alegre, RS, Brasil)
- Banco Scott: Sculptor (Porto Alegre, RS, Brasil);
- Dinamômetro isocinético: Cybex Norm (Ronkokoma, NY);
- Fita métrica;
- Ultrassom: Toshiba (São Paulo, SP, Brasil);
- Caneta dermatográfica.
- Goniômetro: CARCI (São Paulo, SP, Brasil)

### 3.6. Procedimentos Metodológicos

Os marcadores indiretos de dano muscular foram avaliados antes e imediatamente após o protocolo de exercício (0h), assim como 24h, 48h, 72h e 96h pós-exercício.

#### 3.6.1. Protocolo dos exercícios de força

##### 3.6.1.1. Exercício Multiarticular

O exercício selecionado foi a “puxada pela frente” com a articulação radio-ulnar na posição supinada e a largura das mãos com afastamento próximo à largura dos ombros. O protocolo de exercício foi estabelecido em 4 séries de 10 repetições a 80% de 1 RM com o tempo de execução de 2 segundos para a fase concêntrica e 2 segundos para a fase excêntrica, controlado por um metrônomo eletrônico (Quartz, EUA). Foram respeitados dois minutos de intervalo entre as séries.

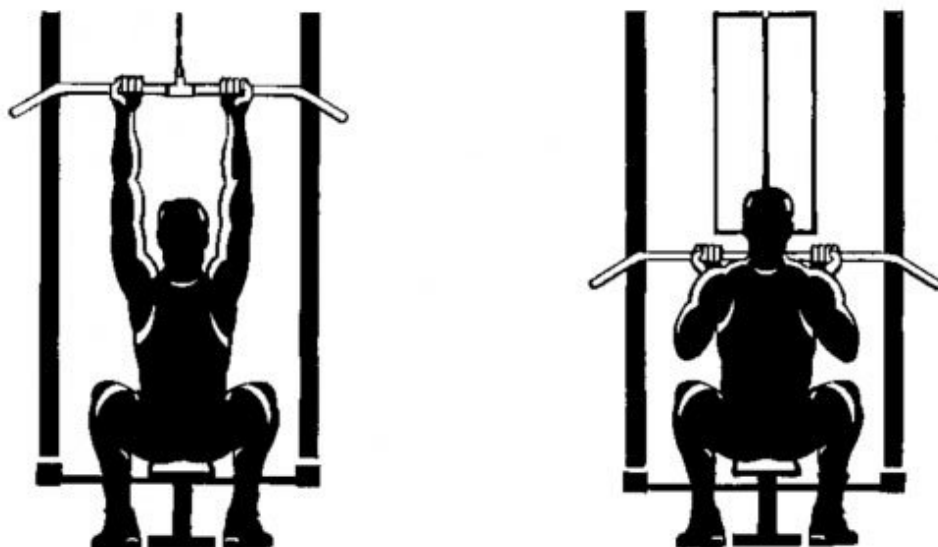


Figura 1. Ilustração do exercício puxada pela frente.

#### 3.6.1.2. Exercício Monoarticular

O exercício selecionado foi a “rosca bíceps” bilateral no banco Scott. O protocolo de exercício foi estabelecido em 4 séries de 10 repetições a 80% de 1 RM com o tempo de execução de 2 segundos para a fase concêntrica e 2 segundos para a fase excêntrica, controlado por um metrônomo eletrônico (Quartz, EUA). Foram respeitados dois minutos de intervalo entre as séries.

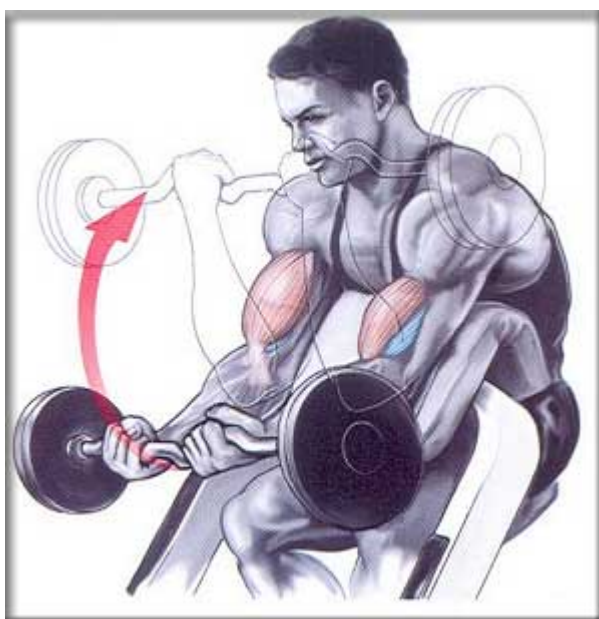


Figura 2. Ilustração do exercício rosca scott



### 3.6.1.3. Amplitude de Movimento

A amplitude de movimento é uma variável que contribui para a dimensão do dano muscular (CHAPMAN et al. 2005). Nessa perspectiva, uma mesma amplitude de flexão de cotovelo foi determinada para os dois grupos por meio de um goniômetro (CARCI, Brasil). O movimento, em ambos os protocolos de exercícios, iniciou em 10° até 110° de flexão de cotovelo (0°=extensão total de cotovelo) na tentativa de isolar essa variável. Dessa forma, os dois grupos realizaram exercícios em uma amplitude de movimento de, aproximadamente, 100°. Para o controle da amplitude durante o exercício, um aparato foi desenvolvido para o estudo, sendo este constituído por duas hastes fixas, com um marcador móvel acoplado perpendicularmente a elas.

### 3.6.2. Protocolos de avaliação

Os sujeitos que participaram do estudo dirigiram-se a Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul onde ocorreu o desenvolvimento do estudo. Foram realizadas nove visitas:

1ª: Os objetivos do projeto foram apresentados, assim como os procedimentos de avaliação. Os sujeitos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e, então, realizaram uma familiarização com os protocolos de exercício.

2ª: Os sujeitos foram randomicamente separados em dois grupos: monoarticular e multiarticular. Então, foi realizada a execução do respectivo exercício de força para obtenção da carga correspondente a 1RM.

3ª: 72 h após a 2ª visita os sujeitos foram submetidos a um reteste do 1RM.

4ª: Uma semana após a 3ª visita os sujeitos retornaram à escola de educação física para a avaliação da ativação muscular. A ativação neural foi mensurada através de eletromiografia. Os sujeitos se dirigiram, primeiramente, ao LAPEX para a realização de 3 contrações isométricas voluntárias máximas de flexores de cotovelo em dinamômetro isocinético para obtenção do torque máximo de flexão de cotovelo. Então, na sala de musculação, o sujeito executou 1RM, onde foi obtido a ativação dos músculos flexores de cotovelo, de acordo com o grupo em que foi alocado.

5ª: Uma semana após a 4ª visita os sujeitos retornaram ao laboratório e foram avaliados através dos marcadores indiretos de dano muscular (MIDM) para obtenção de dados do pré-exercício. A seguir, realizaram o protocolo de exercício na sala de musculação, finalizando com a avaliação dos MIDM para obtenção de dados do pós-exercício (0h).

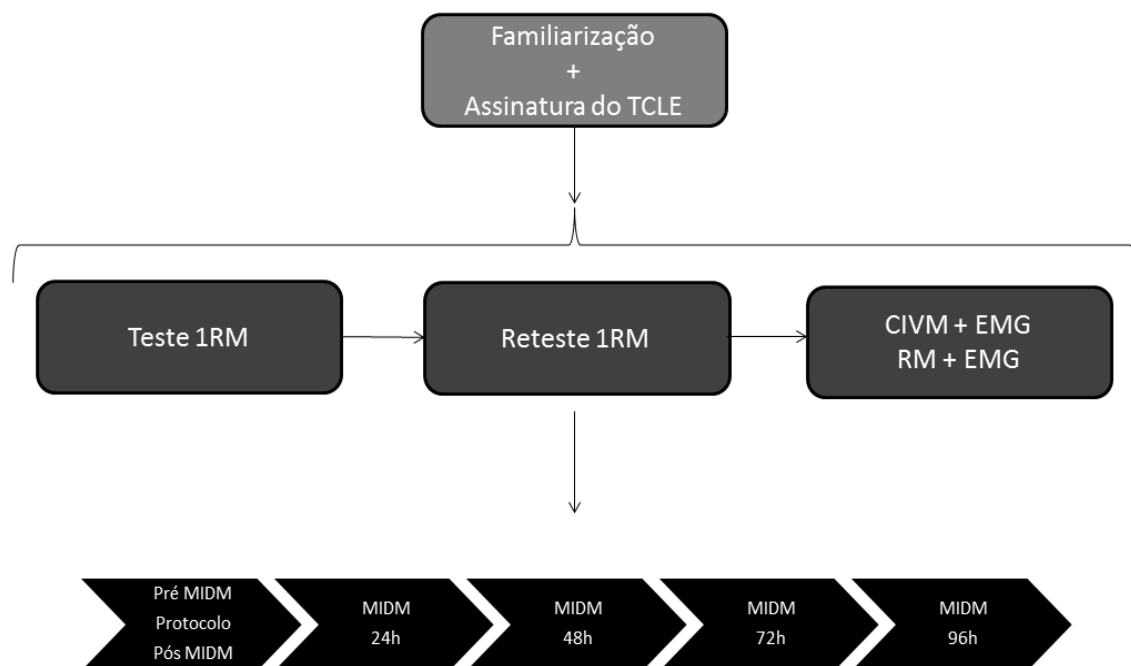
6ª: Os sujeitos foram reavaliados através dos MIDM em um período de 24h após a realização do protocolo de exercício.

7ª: Os sujeitos foram reavaliados através dos MIDM em um período de 48h após a realização do protocolo de exercício.

8ª: Os sujeitos foram reavaliados através dos MIDM em um período de 72h após a realização do protocolo de exercício.

9ª: Os sujeitos foram reavaliados através dos MIDM em um período de 96h após a realização do protocolo de exercício.

### 3.6.3. Desenho Experimental



TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido; RM – Repetição Máxima); CIVM – Contração Isométrica Voluntária Máxima; EMG – Eletromiografia; MIDM – Marcadores Indiretos de Dano Muscular

### 3.6.4. Teste de uma repetição máxima (1RM)

A carga de trabalho para o protocolo de exercício foi determinada a partir do teste de 1RM para o exercício puxada pela frente e rosca Scott. Para

ambos, o valor de um 1RM foi a maior carga que o sujeito conseguiu realizar apenas uma repetição na amplitude e cadência determinada. Os movimentos em ambos os exercícios foram realizados em amplitude similar respeitando o tempo de 2 segundos para a fase concêntrica e 2 segundos para a fase excêntrica, controlada por um metrônomo eletrônico (Quartz, EUA). Utilizando os coeficientes específicos para cada exercício e o peso corporal de cada indivíduo, foi determinada a primeira carga teste. O número de repetições realizado pelo sujeito foi confrontado com a tabela de Lombardi (1989) para ajuste da carga para a primeira tentativa e assim sucessivamente, até que a carga para uma repetição máxima fosse encontrada, com a ressalva de que foram executadas, no máximo, 5 tentativas e respeitando 3 minutos de intervalo entre cada tentativa.

Repetições	Constantes
2	1,07
3	1,10
4	1,13
5	1,16
6	1,2
7	1,23
8	1,27
9	1,32
10	1,36

*Quadro 1 - Estimativa de 1RM - adaptado de Lombardi (1989)*

### 3.6.5. Eletromiografia

A ativação muscular foi obtida por meio de eletromiografia de superfície. Para aquisição do sinal eletromiográfico do músculo Bíceps Braquial, foi utilizado um eletromiógrafo da marca Miotool (Miotec-Equipamentos Biométicos, Porto Alegre, Brasil) composto por quatro canais, e frequência de amostragem de 2000 Hz por canal. O sinal EMG foi mensurado através de pares de eletrodos de superfície (Kendall Medi-Trace) com configuração bipolar, cada um com um raio de 15mm. Os dados foram transmitidos através

de um cabo USB do eletromiógrafo para um computador (HP, São Paulo, Brasil) contendo o software Miograph, de forma a possibilitar a visualização do sinal em tempo real, assim como sua gravação.

Antes da colocação dos eletrodos, foram realizados os procedimentos de tricotomia e abrasão da pele com algodão e álcool com o intuito de retirar células mortas e diminuir a oleosidade da pele, reduzindo assim sua impedância elétrica (SENIAM, 2009). Após, os eletrodos foram colocados na superfície da pele no local referente ao ventre muscular do Bíceps Braquial (LEIS & TRAPANI, 2000). A distância entre os eletrodos foi de 20mm do centro de cada um, de modo a ficarem levemente sobrepostos. Além disso, uma fita adesiva foi fixada para diminuir o deslocamento dos eletrodos. O eletrodo terra foi posicionado na clavícula (protuberância óssea mais próxima do músculo avaliado) servindo como ponto de referência onde não há atividade elétrica.

A coleta do sinal EMG foi realizada em duas situações, mas em uma mesma sessão de avaliação. No primeiro momento, a aquisição do sinal EMG foi feita simultaneamente a 3 CIVM de flexão de cotovelo no ângulo de 90° de flexão de cotovelo (0°= extensão completa de cotovelo) no dinamômetro isocinético Cybex Norm (Ronkonkoma, NY), de forma que o maior valor de torque foi utilizado como referência de ativação máxima do referido músculo para posteriores análises e comparações. No segundo momento, a aquisição do sinal EMG foi simultânea à realização de 1RM do respectivo exercício de acordo com o grupo em que o sujeito foi randomicamente alocado. Um eletrogoniômetro (Miotec-Equipamentos Biométicos, Porto Alegre, Brasil) foi utilizado para determinação da fase concêntrica/excêntrica para facilitar o recorte do sinal EMG nos exatos momentos de início e término do movimento.

Após a aquisição e armazenamento dos sinais coletados, foi realizada a análise através do software SAD32. Primeiramente, foram retirados os ganhos do sinal no arquivo bruto para, então, realizar a filtragem do sinal. Para isso, utilizou-se o filtro do tipo passa-banda Butterworth de 5ª ordem, com frequência de corte entre 40 e 500 Hz. A filtragem foi realizada com o objetivo de eliminar possíveis ruídos provenientes do ambiente e de aparelhos elétricos. Após, na CIVM, foi recortado um intervalo de aproximadamente 1s na curva de força onde se observou um platô. O sinal EMG nesse ponto de tempo foi quantificado através do valor de *Root Mean Square* (RMS), o que foi utilizado

posteriormente para normalização da ativação do Bíceps Braquial durante 1RM no exercício monoarticular e multiarticular. Um procedimento similar foi utilizado para análise do sinal EMG durante a execução de 1RM, com a diferença de que o recorte foi realizado na curva do eletrogoniômetro no momento de início do movimento (fase concêntrica) até o final do movimento (fase excêntrica). Nesse intervalo, foi obtido o valor RMS.

Finalmente, para classificação da ativação muscular dos grupos multiarticular e monoarticular, utilizou-se valores percentuais do sinal EMG da maior CIVM, assumindo-se que esta é a ativação máxima do Bíceps Braquial. Dessa forma, os valores percentuais de RMS obtidos nos exercícios multiarticular e monoarticular foram normalizados pelo maior torque obtido entre as 3 CIVM.

#### 3.6.6. Contrações Isométricas Voluntárias Máximas

O torque unilateral de flexores de cotovelo do braço dominante foi avaliado no dinamômetro isocinético Cybex Norm (Ronkonkoma, NY). Os sujeitos foram posicionados em decúbito dorsal com o ombro abduzido a 45° e uma faixa de velcro foi colocada em torno do braço e do peito do sujeito com o intuito de evitar movimentos compensatórios. O centro de rotação do cotovelo foi alinhado ao centro de rotação do dinamômetro e a posição da articulação radio-ulnar foi supinada.

Foram realizadas 3 contrações isométricas voluntárias máximas no ângulo de 90° de flexão de cotovelo (sendo 0° a extensão completa do cotovelo), sustentadas por 5 segundos e com intervalo de 3 minutos entre cada repetição. O maior pico de torque dentre as três tentativas foi utilizado para as análises.

#### 3.6.6. Circunferência de segmento

Para a mensuração da circunferência do braço, o sujeito permaneceu na posição de decúbito dorsal com os braços relaxados ao lado do corpo. A circunferência foi avaliada a 8 centímetros acima da articulação do cotovelo (CHEN et al. 2007) utilizando-se uma fita métrica. O ponto de medida foi demarcado com uma caneta dermatográfica permanecendo visível até o final do estudo.

### 3.6.7. Dor muscular tardia

A dor muscular foi quantificada através de uma escala visual de sensação subjetiva, segundo Chen et al. (2010). Esta metodologia consiste em uma linha de 0 a 100 milímetros, na qual 0 significa “sem dor” e 100 significa “dor máxima”. Os sujeitos indicaram sua sensação de dor sob duas circunstâncias: extensão de cotovelo e palpação do músculo Bíceps Braquial.

### 3.6.8. Espessura muscular e *Echo intensity*

A metodologia utilizada foi baseada no estudo de Nosaka e Newton (2002).

As imagens referentes à avaliação da *echo intensity* e da espessura muscular foram obtidas por ultrassonografia (Toshiba, SP, Brasil) em B-modo. Os sujeitos permaneceram em decúbito dorsal, com o braço relaxado e com um transdutor linear de frequência 7,5MHz posicionado 8cm acima da articulação do cotovelo. Um gel à base de água foi utilizado para aumentar o contato acústico entre a pele e o cursor. Nenhuma pressão adicional por parte do avaliador foi aplicada durante o procedimento.

A espessura muscular foi medida pelo cursor através da identificação do tecido muscular compreendido entre as interfaces com o tecido osso e o tecido adiposo (GOMES et al., 2010).

As mesmas imagens utilizadas para mensuração da espessura muscular foram utilizadas para determinação da *echo intensity*. A *echo intensity* foi mensurada delimitando-se uma região de interesse de 1cm<sup>2</sup> no músculo Bíceps Braquial e em cada região de interesse foi delimitada a *echo intensity* a partir de uma escala de cinza (0: preto, 256: branco). A análise foi realizada no software Image-J (RADAELLI et al., 2012)

## 3.7. Análise Estatística

Os dados foram apresentados de forma descritiva (média e desvio padrão), visto que a amostra não se mostrou substancial e não atingiu a estimativa proposta pelo cálculo amostral.

## 4. Resultados

### 4.1. Ativação Neural

Durante a realização do teste de 1 RM, o grupo monoarticular pareceu apresentar uma maior ativação do músculo Bíceps Braquial em comparação ao grupo multiarticular. Em valores percentuais, normalizando-se a partir do valor de uma CIVM que representa a ativação máxima do referido músculo, o grupo monoarticular ativou 71,32%, enquanto o grupo multiarticular ativou 52,72%.

Tabela 1. Valores absolutos de RMS (média  $\pm$  desvio padrão) e porcentagem de ativação do músculo bíceps braquial durante a execução de 1RM.

		<b>CVM</b>	<b>1RM</b>	<b>% Ativação</b>
<b>Monoarticular</b>	<i>Média</i>	1371,11	977,89	71,32
	<i>DesPad</i>	88,89	123,39	
<b>Multiarticular</b>	<i>Média</i>	1303,11	687,01	52,72
	<i>DesPad</i>	553,40	287,01	

### 4.2. Decréscimo na Produção de Força

A produção de força dos grupos monoarticular e multiarticular está apresentada no gráfico 3. O grupo monoarticular apresentou uma redução no torque isométrico de flexores de cotovelo em torno de 2 a 11% após o protocolo de exercício (0h=11%; 24h=6%; 48h=2%; 72h=2%;96h=0%), sendo que a força muscular foi sendo gradativamente recuperada atingindo os valores basais ao final das avaliações. No grupo multiarticular, a redução foi em torno de 2 a 16% (0h=16%; 24h=-1%; 48h=7%; 72h=2%; 96h=5%).

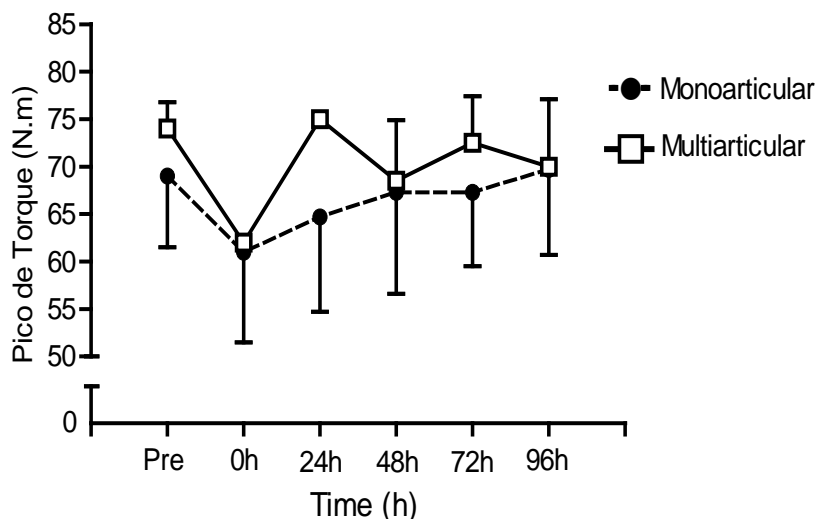


Figura 3. Alterações no pico de torque ao longo do tempo (média  $\pm$  desvio padrão) para ambos os grupos, monoarticular e multiarticular.

#### 4.3. Circunferência

Alterações na circunferência do braço estão apresentadas na figura 4. Houve um aumento na CIR na ordem de 0,6 a 1,6% no grupo monoarticular (0h=1,4%; 24h=0,6%; 48h=1%; 72h=1,6%; 96h=0,6%). Já para o grupo multiarticular, os incrementos variaram de 0,4 a 2,5% (0h=2,5%; 24h=1,1%; 48h=0,4%; 72h=0,9%; 96h=-0,5%), sendo que ao final das avaliações, a variável apresentou uma pequena redução em relação aos valores basais.

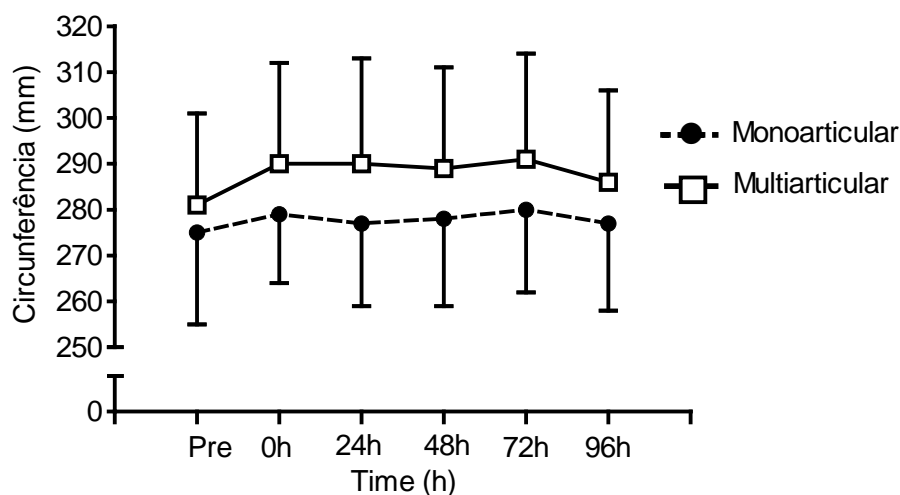


Figura 4. Alterações na circunferência do braço (média  $\pm$  desvio padrão) para ambos os grupos ao longo do estudo.



#### 4.4. Dor Muscular Tardia por Palpação e Extensão

O grupo monoarticular pareceu apresentar um comportamento similar na DMT em ambas perspectivas DMT-pal (0h=0%; 24h=5%; 48h=11%; 72h=2%; 96h=0%) (Figura 5a) e DMT-ext (0h=1%; 24h=10%; 48h=14%; 72h=4%; 96h=0%) (Figura 5b). O grupo multiarticular pareceu mostrar-se mais suscetível à DMT sob a perspectiva de extensão do cotovelo do que para a palpação, já que para a DMT-pal os valores se desenvolveram entre 1 e 3% (0h=3%; 24h=3%; 48h=2%; 72h=1%; 96h=1%) (Figura 5a) e para a DMT-ext os valores de dor se desenvolveram entre 3 e 10% (0h=3%; 24h=3%; 48h=8%; 72h=10%; 96h=3%) (figura 5b).

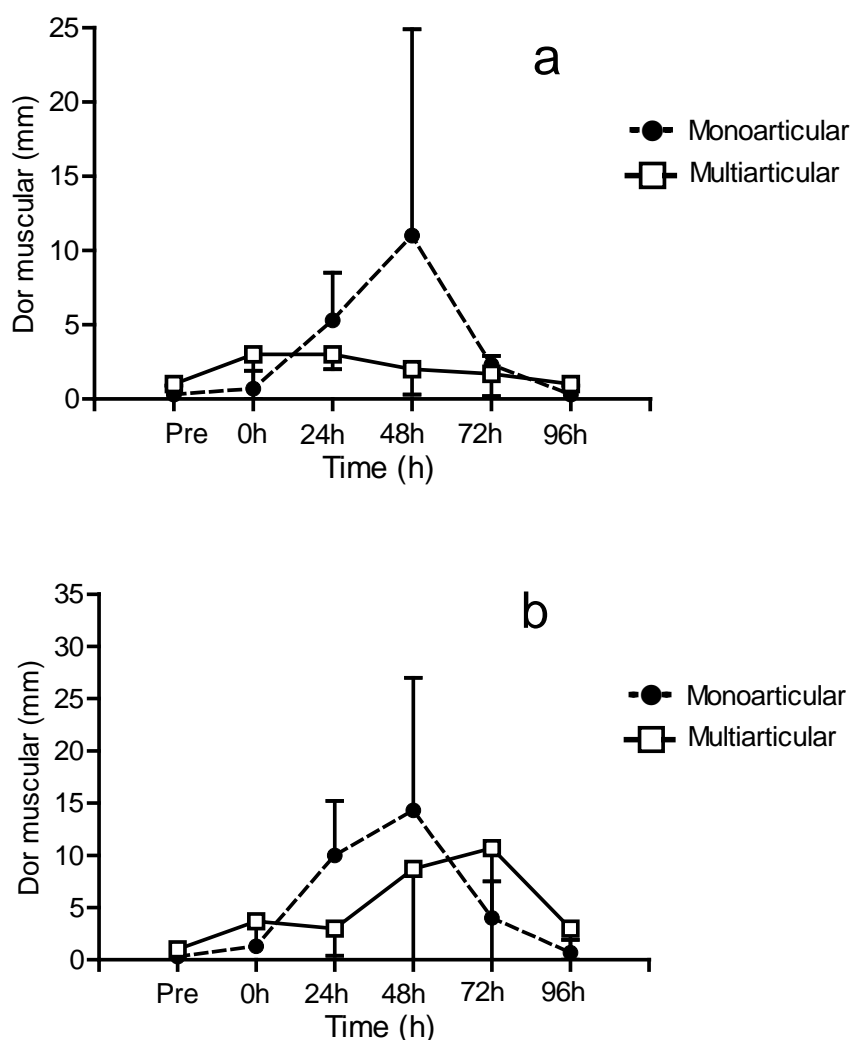


Figura 5. Desenvolvimento da dor muscular (média  $\pm$  desvio padrão) por medida por palpação (a) e durante a extensão de cotovelo (b).

#### 4.5. Espessura Muscular

As alterações na espessura muscular estão apresentadas na figura 6. O grupo monoarticular apresentou aumento entre 1 e 9% na EM. O incremento foi observado em todos os momentos após a sessão de treinamento, sendo que ao final das avaliações, a variável retornou aos valores basais (0h=9%; 24h=2%; 48h=3%; 72h=1%; 96h=0%). O grupo multiarticular apresentou um comportamento similar, com aumentos entre 1 e 10%, com a ressalva de que, ao final das avaliações a EM apresentava-se levemente elevada (0h=10%; 24h=3%; 48h=3%; 72h=3%; 96h=1%).

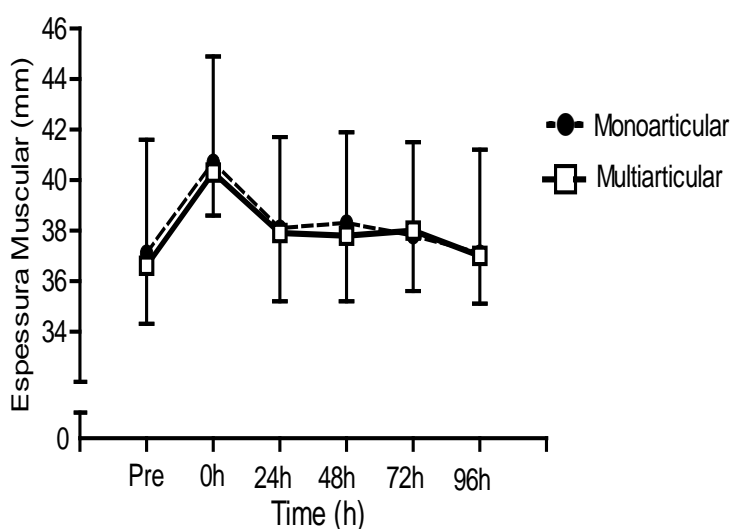


Figura 6. Alterações na espessura muscular (média  $\pm$  desvio padrão) do grupo monoarticular e multiarticular.

#### 4.6. *Echo intensity*

Alterações na *echo intensity* estão apresentadas na figura 7. No grupo monoarticular, observou-se um aumento nos valores de *echo intensity* na ordem de 3 a 4% (0h=0%; 24h=3%; 48h=4%; 72h=4%; 96h=4%). O grupo multiarticular apresentou incrementos em torno de 3 a 6%, além do que os percentuais nos momentos de avaliação pareceram ligeiramente mais elevados (0h=0%; 24h=5%; 48h=3%; 72h=6%; 96h=6%), sendo que para ambos os grupos os valores de *echo intensity* não retornaram aos valores basais até o final das avaliações.

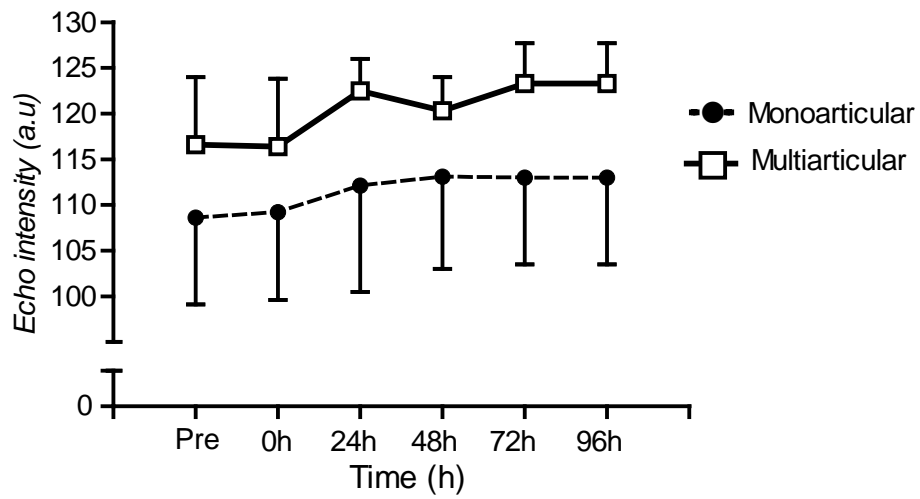


Figura 7. Elevação na *echo intensity* (média  $\pm$  desvio padrão) dos flexores de cotovelo do grupo monoarticular e multiarticular.

## 5. Discussão

De acordo com os resultados encontrados no presente estudo, especula-se que a sessão de treinamento de força realizada com exercício monoarticular e multiarticular tenha induzido um dano muscular nos flexores de cotovelo bíceps braquial e braquial de baixa magnitude e similar em ambos os grupos. Além disso, ambos os grupos pareceram demonstrar uma recuperação adequada após 96 h. O marcador indireto de dano muscular mais fidedigno em humanos, de acordo com a literatura, é o decréscimo prolongado na produção de força muscular (CLARKSON & HUBAL, 2002; CLARKSON & SAYERS, 1999), a qual pode se estender por dias (STUPKA et al., 2001; PAULSEN et al., 2010) e até semanas (LAURITZEN et al., 2009). Essa diminuição é possivelmente decorrente da falha no restabelecimento da homeostase do  $Ca^{2+}$  intracelular levando ao rompimento de miofibrilas e, finalmente, à danificação do sarcolema (PROSKE & MORGAN, 2001). Estudos realizados com sujeitos destreinados em força demonstram decréscimos na produção de força isométrica dos flexores de cotovelo de 30 a 50% (NEWTON et al., 2008; NOSAKA & NEWTON, 2002). O protocolo de exercício desses estudos, no entanto, consistiu de contrações excêntricas máximas em dinamômetro isocinético, situação que não se reproduz em treinamentos de força convencionais, nos quais a carga de trabalho é estimada a partir de 1RM, o que implica em contrações excêntricas submáximas. Radaelli et al. (2012), utilizando-se de um protocolo de exercício isoinercial de flexores de cotovelo, observaram reduções significativas na produção de força isométrica, porém menos acentuadas do que as supracitadas (12 a 16%). Os resultados encontrados no presente estudo referentes à diminuição prolongada da força tanto para o grupo monoarticular quanto para o grupo multiarticular parecem aproximar-se desses achados, embora a dimensão de redução na produção de força em nosso estudo tenha se mostrado mais discreta.

Um dos mecanismos associados ao dano muscular é a intensidade das contrações concêntricas e excêntricas da musculatura utilizada no exercício. Exercícios multiarticulares, devido à característica do exercício realizado, têm envolvimento de uma massa muscular muito maior do que exercícios monoarticulares, assim poderiam apresentar uma menor ativação sobre uma musculatura quando comparada a ativação da mesma musculatura durante a

realização de um exercício monoarticular. Deste modo, exercícios monoarticulares poderiam induzir um maior nível de dano muscular. No presente estudo a ativação do músculo bíceps braquial no grupo monoarticular (71%) durante o exercício rosca scott, sugere que esse músculo desempenha um papel mais importante para movimentar uma carga quando se compara a ativação do bíceps braquial no grupo multiarticular (52%) durante o exercício puxada pela frente. Isso provavelmente se deve ao fato de que no exercício puxada pela frente, temos, simultaneamente, os movimentos de flexão de cotovelo e extensão de ombro. Assim, outros músculos que realizam o movimento de extensão do ombro como latíssimo do dorso, peitoral maior (porção esternocostal) e redondo maior (RASCH & BURKE, 1977) poderiam participar de maneira importante no exercício, diminuindo a ativação sobre o bíceps braquial. Entretanto, visto que os decréscimos observados na produção de força parecem semelhantes entre os dois grupos, outros mecanismos além da ativação neural parecem estar envolvidos na indução do dano muscular.

Os aumentos observados na CIR e na EM parecem ser similares entre os grupos, com exceção do momento imediatamente pós-exercício, no qual o grupo multiarticular aparenta um maior aumento na CIR. Este aumento está amplamente relatado na literatura com a denominação de hiperemia ativa, que é o aumento do influxo sanguíneo para suprir as necessidades metabólicas do tecido (RADAELLI et al., 2012). Nos momentos subseqüentes, entretanto, os aumentos observados na CIR refletem e são marcadores muito utilizados na avaliação de dano muscular (CHEN et al. 2008). Nosaka e Clarkson (1996) destacam que esses incrementos podem estar relacionados à síntese protéica. Além disso, esse aumento na CIR também está relacionado a outros mecanismos como aumento da resposta inflamatória que é acompanhada por formação de edema (PROSKE & MORGAN, 2001). Porém, ao final das 96h, os dois grupos pareceram apresentar uma recuperação completa nessa variável, de modo que a CIR e a EM retornaram aos valores basais.

A DMT-pal e a DMT-ext, no grupo monoarticular, apresentaram um comportamento semelhante, ambas atingindo o pico em 48h. No grupo multiarticular, a DMT-ext mostrou-se mais sensível em relação à DMT-pal. Enquanto pequenos incrementos foram observados na primeira, aumentos aparentemente mais importantes foram encontrados na segunda, sendo que o

pico desta ocorreu em 72h. Os resultados de dor muscular tardia para ambos os grupos corroboram com a literatura, pois se postula que o pico de dor muscular ocorra entre 24-72h (ESTON et al., 1996). O fato de o grupo multiarticular ter demonstrado uma maior sensibilidade a DMT-ext pode ocorrer em razão de que o exercício puxada pela frente tenha associado algum componente cinesiológico diferente ao do exercício rosca scott. Contudo, os dois grupos parecem apresentar uma recuperação completa ou muito próxima dos valores basais ao fim das 96h.

A elevação dos valores de *echo intensity* está associada ao aumento do espaço intersticial entre as fibras musculares (FUJIKAKE et al. 2009). Imediatamente após o exercício, praticamente não se observa variação percentual nos valores de *echo intensity* para ambos os grupos, o que implica que este marcador indireto de dano muscular possa ser mais fidedigno que a avaliação de CIR e EM por ultrassonografia, visto que esta se mostra mais vulnerável ao fenômeno de hiperemia, que representa influxo de líquido e não o dano muscular propriamente dito (SIPILA & SUOMINEM, 1996). Os incrementos no grupo multiarticular demonstraram uma tendência levemente superior de aumento em relação ao grupo monoarticular. Para ambos os grupos, ainda, o período de 96h parece não ter sido suficiente para a recuperação total da *echo intensity*. Este resultado pode estar associado à produção de novos tecidos conectivos e a processos inflamatórios, pois a EI aparenta estar relacionada, também, ao nível de enzimas plasmáticas (NOSAKA & CLARKSON, 1996).

Para nosso conhecimento, nenhum estudo havia comparado os exercícios monoarticulares e multiarticulares no que se refere a avaliação do dano muscular induzido por um protocolo de treinamento de força convencional.

Devido ao reduzido n amostral, não é possível estabelecer relações significativas entre os dois grupos. Entretanto, pode-se especular algumas hipóteses devido ao comportamento semelhante observado em praticamente todas as variáveis avaliadas no estudo. As adaptações neurais decorrentes do início de um treinamento de força estão bem estabelecidas na literatura. Logo, devido à característica dos exercícios multiarticulares no que se refere à coordenação neuromuscular (FLECK & KRAEMER, 1999), estes devem ser

priorizados nas fases iniciais de uma periodização para sujeitos destreinados, objetivando a otimização dos ganhos neurais. No entanto, é pensado que esses exercícios poderiam proporcionar menores ganhos hipertróficos quando comparados a exercícios monoarticulares. Nosso estudo não parece ter induzido diferentes respostas no que se refere aos marcadores indiretos de dano muscular avaliados, reforçando, portanto, a importância dos exercícios multiarticulares para sujeitos destreinados em força não só do ponto de vista de adaptações neurais, mas também do ponto de vista de possíveis adaptações morfológicas, de modo que o dano muscular tem uma forte relação com respostas hipertróficas. Além disso, adicionalmente, quando se compara exercícios multiarticulares e monoarticulares a respeito de sua funcionalidade, os multiarticulares, por apresentarem envolvimento de diversos grupamentos musculares simultaneamente, são favoráveis, visto que em atividades de vida diária, raramente observa-se isolamento de um músculo ou grupo muscular. Portanto, quando o treinamento de força for prescrito para sujeitos que não necessitem de incrementos relacionados à especificidade de movimentos e/ou reabilitação de lesões musculoesqueléticas, os exercícios multiarticulares devem ser priorizados em qualquer rotina de treino, visto que são extremamente funcionais e, ainda, de acordo com o presente estudo, parecem atuar de forma semelhante nos músculos menores quando comparados a exercícios monoarticulares.

Estudos futuros devem apontar para as respostas de dano muscular induzidas por exercícios monoarticulares e multiarticulares em sujeitos treinados, de forma a esclarecer de que modo o nível de treinamento repercute no dano muscular nesses tipos de exercício. Marcadores sanguíneos como a creatina cinase e a interleucina-6, por exemplo, também devem ser incorporados à metodologia para trazer mais informações acerca do dano muscular e dos processos inflamatórios envolvidos.

## 6. Conclusão

A discussão dos resultados deste estudo baseia-se em especulações de acordo com a observação das variáveis em ambos os grupos. Devido ao fato de o n amostral ter sido pequeno, as conclusões definitivas deste estudo serão divulgadas após a finalização do projeto. No entanto, levando em conta o comportamento apresentado pelas variáveis analisadas, parece haver uma tendência semelhante de resposta dos flexores de cotovelo bíceps braquial e braquial a exercícios monoarticulares e multiarticulares no que se refere ao dano muscular induzido por uma sessão de treinamento de força convencional.



## Referências

1 - ARMSTRONG, R.B. Inicial events in exercise-induced muscular injury. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 1990; 22: 429-435.

2 - ARMSTRONG, R.B. Mechanism of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 1984; 16: 529-538.

3 - ARSMTRONG, R.B.; OGILVIE, R.W.; SCHWANE, J.A. Eccentric exercise-induced injury to rat skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**. 1983; 54: 80-93.

4 - ASP, S.; DAUGAARD, J.R.; RICHTER, E.A. Eccentric exercise decreases glucose transporter GLUT-4 protein in human skeletal muscle. **The Journal of Physiology**. 1995; 483: 705-712.

5 - BÄR, D.P.R.; RODENBURG, A.J.B.; KOOT, R.W., AMELINK, H.G.J. Exercise-induced muscle damage: recent developments. **Basic and Applied Miology**. 1994; 4: 5-16.

6 - BROWN, S.; DAY, S.; DONNELLY, A. Indirect evidence of human skeletal muscle damage and collagen breakdown after eccentric muscle actions. **Journal of Sports Sciences**. 1999, 17: 397-402.

7 - BYRNE, C.; TWIST, C.; ESTON, R. Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage – theoretical and applied implications. **Sports Medicine**. 2004; 34(1); 49-69.

8 - CASTRO, A.P.A.; VIANNA, J.M.; DAMASCENO, V.O.; MATOS, D.G.; MAZINI FILHO, M.L.; REIS, V.M.M. Muscle Recovery after a session of resistance training monitored through serum creatine cinase. **Journal of Exercise Physiology Online**. 2011; 14: 38-45.

- 9 - CHAPMAN, D.; NEWTON, M.; SACCO, P.; NOSAKA, K. Greater Muscle Damage Induced by Fast Versus Slow Velocity Eccentric Exercise. **The International Journal of Sports Medicine**. 2005; 27: 591-598.
- 10 - CHEN, T.C.; CHEN, H.; LIN, M.; CHANG, W.; NOSAKA, K., Potent protective effect conferred by four bouts of low-intensity eccentric exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 2010; 42: 1004-1012.
- 11 - CHEN, T.C.; LIN, K.; CHEN, H.; LIN, M.; NOSAKA, K. Comparison in eccentric exercise-induced damage among four limb muscles. **European Journal of Applied Physiology**. 2011; 111: 211-223.
- 12 - CHEN, T.C.; NOSAKA, K.; SACCO, P. Intensity of eccentric exercise, shift of optimum angle and the magnitude of repeated-bout effect. **Journal of Applied Physiology**. 2007; 102 (3): 992-999.
- 13 - CLARKSON P.M.; SAYERS, S.P. Etiology of exercise-induced muscle damage. **Canadian Journal of Applied Physiology**. 1999; 24: 234-248.
- 14 - ENOKA, R.M.; Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. **Journal of Applied Physiology**. 1996; 81: 2339-2346.
- 15 - ESTON, R.G.; FINNEY, S.; BAKER, S.; BALZOPoulos, V. Muscle Soreness and strength loss changes after downhill running following a prior bout of isokinetic eccentric exercise. **Journal of Sports Science**. 1996; 14: 291-299.
- 16 - FLECK, S.J.; JÚNIOR, A.F. **Treinamento de Força para Fitness e Saúde**. São Paulo: Phorte, 2003.
- 17 - FLECK, S.J.; KRAEMER, W.J. **Fundamentos do Treinamento de Força Muscular**. 2ª edição, Porto Alegre: Artmed, 1999.

18 - FUJIKAKE, T., HART, R., NOSAKA, K., Changes in b-mode ultrasound echo intensity following Injection of bupivacaine hydrochloride to rat hind limb muscles in relation to histologic changes. **Ultrasound in Medicine and Biology**. 2009; 35: 687-696.

19 - GOMES, P.S.C., MEIRELLES, C.M., LEITE, S.P., MONTENEGRO, C.A.B. Confiabilidade da medida de espessuras musculares pela ultrassonografia. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. 2010; 16: 41-45.

20 - HAMLIN, M.J.; QUIGLEY, B.M. Quadriceps concentric and eccentric exercise 2: Differences in muscle strength, fatigue and EMG activity in eccentrically-exercised sore and non-sore muscles. **Journal of Science and Medicine in Sport**. 2001; 4: 104-115.

21 - HOUGH, T. Ergographic studies in muscular soreness. **American Journal of Physiology**. 1902; 7: 76-92.

22 - JAMURTAS, A.Z.; THEOCHARIS, V.; TOFAS, T.; TSIOKANOS, A.; YFANTI, C.; PASCHALIS, V.; KOUTEDAKIS, Y.; NOSAKA, K. Comparison between leg and arm eccentric exercises of the same relative intensity on indices of muscle damage. **European Journal of Applied Physiology**. 2005; 95: 179-185.

23 – JONES, C.; ALLEN, T.; TALBOT, J.; MORGAN, D.L.; PROSKE, U. Changes in the mechanical properties of human and amphibian muscle after eccentric exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1997; 76: 21-31.

24 - LAURITZEN, F.; PAULSEN, G.; RAASTAD, T.; BERGERSEN, L.H.; OWE, S.G. Gross ultrastructural changes and necrotic fiber segments in elbow flexor muscles after maximal voluntary eccentric action in humans. **Journal of Applied Physiology**, 2009; 107 (6): 1923-1934.

25 - LEE, J.; GOLDFARB, A.H.; RESCINO, M.H.; HEDGE, S.; PATRICK, S. APPERSON, K. Eccentric exercise effect on blood oxidative-stress markers and delayed onset of muscle soreness. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 2001; 34: 443-448.

26 - LOMBARDI, V.P. **Beggining weight training: the safe and effective way**. Dubuque, Brown: 1989.

27 – MCCULLY, K.K.; FAULKNER, J.A. Characteristics of lengthening contractions associated with injury to skeletal muscle fibers. **Journal of Applied Physiology**, 1986; 61: 293-299.

28 - McHUGH, M.P. Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**. 2003; 13: 88-97.

29 - MILES, M;P,; CLARKSON, P.M. Exercise-induced muscle pain, soreness and cramps. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. 1994; 34:203-216.

30 - MIYATANI, M., KANEHISA, H., FUKUNAGA, T., Validity of bioelectrical impedance and ultrasonographic methods for estimating the muscle volume of the upper arm. **European Journal of Applied Physiology**, 2000; 82: 391-396.

31 - MORTON, J.P; ATKINSON, G.; MacLAREN, D.P.M.; CABLE, N.T.; GILBERT, G.; BROOME, C.; McARDLE, A.; DRUST, B. Reliability of maximal muscle force and voluntary activation as markers of exercise-induced muscle damage. **European Journal of Applied Physiology**. 2005; 94: 541-548.

32 - NEAL, R.C.; FERDINAND, K.C.; YCAS, J.; MILLER, E. Relationship of ethni origin, gender, and age to blood creatine cinase levels. **The American Journal of Medicine**. 2009; 122: 73-78.

- 33 - NEWHAM, D.J.; McPHAIL, G.; MILLS, K.R.; EDWARDS, R.H.T. Ultrastructural changes after concentric and eccentric contraction of human muscle. **Journal of the Neurological Sciences**. 1983; 61: 109-122.
- 34 - NEWTON, M.J.; MORGAN, G.T.; SACCO, P.; CHAPMAN, D.W.; NOSAKA, K. Comparison of responses to strenuous eccentric exercise of the elbow flexors between resistance-trained and untrained men. **Journal of Strength and Conditional Research**. 2008, 22: 597-607.
- 35 - NOFSINGER, C., KONIN, J., Diagnostic Ultrasound in Sports Medicine Current concepts and advances. **Sports Medicine Arthroscopy Review**. 2009; 17: 25-30.
- 36 - NOSAKA, K., CLARKSON, P.M. Changes in indicators of inflammation after eccentric exercise of the elbow flexors. **Medicine in Science and Sports and Exercise**, 1996; 28: 953-961.
- 37 - NOSAKA, K.; NEWTON, M.. Difference in the Magnitude of Muscle Damage Between Maximal and Submaximal Eccentric Loading. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 2002; 16: 202-208.
- 38 - NOSAKA, K., NEWTON, M., SACCO, P., Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**. 2002; 12: 337-346.
- 39 - PAULSEN, G.; CRAMERI, R.; BENESTAD, H.B.; FJELD, J.G.; MORKRID, L.; HALLEN, J.; RAASTAD, T. Time course of leukocyte accumulation in human muscle after eccentric exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 2010; 42: 75-85.
- 40 - PROSKE, U.; MORGAN, D.L. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. **The Journal of Physiology**. 2001; 537 (Pt 2): 333-345.

41 - RAASTAD, T.; HALLÈN, J. Recovery of skeletal muscle contractility after high- and moderate-intensity strength exercise. **European Journal of Applied Physiology**. 2000; 82: 206-214.

42 - RADAELLI, R.; BOTTARO, M.; WILHELM, E.; WAGNER, D.; PINTO, R.S. Time course of strength and echo intensity recovery following resistance exercise in women. **Journal of Strength and Conditioning Research** – in press. 2012.

43 - RASCH, P.J.; BURKE, R.K. **Cinesiologia e Anatomia Aplicada: A Ciência do Movimento Humano**. 5ed., Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 1977.

44 - SAYERS, S.P.; CLARKSON, P.M. Force recovery after eccentric exercise in males and females. **European Journal of Applied Physiology**, 2001; 84: 122-126.

45 - SERRÃO, F.V.; FOERSTER, B.; SPADA, S.; MORALES, M.M.B.; MONTEIRO-PEDRO, V.; TANNÚS, A.; SALVINI, T.F. Functional changes of human quadriceps muscle injured by eccentric exercise. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**. 2003; 36: 781-786.

46 – SIPILA, S.; SUOMINEN, H. Quantitative ultrasonography of muscle: detection of adaptations to training in elderly women. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, 1996; 77: 1173-1178.

47 - SKURVYDAS, A.; BRAZAITIS, M.; KAMANDULIS, S. Muscle-damaging exercise affects isokinetic torque more at short muscle length. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 2011; 0: 1-7.

48 - SORICHTER, S.; MAIR, J.; KOLLER, A.; GEBERT, W.; RAMA, D.; CALZOLARI, C.; ARTNER-DWORZAK, E.; PUSCHENDORF, B. Skeletal troponin I as a marker of exercise-induced muscle damage. **Journal of Applied Physiology**. 1997; 83: 1076-1082.

49 - STAUBER, W.T.; CLARKSON, P.M.; FRITZ, V.E.; EVANS, W.J.  
Extracellular matrix disruption and pain after eccentric muscle action. **Journal of Applied Physiology**, 1990; 69: 868-874.

50 - WARREN, G.L.; ENGALLS, C.P.; LOWE, D.A.; ARMSTRONG, R.B.  
Excitation-contraction uncoupling: major role in contraction-induced muscle injury. **Exercise and Sport Science Reviews**, 2001; 29: 82-87.

## ANEXO

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Dados de Identificação:

Nome: .....

Identidade: ..... Sexo: .....

Data de Nascimento: ..... Idade: ..... Naturalidade: .....

Endereço Atual: .....

Cidade: ..... Estado: ..... País: .....

Telefone: ..... E-mail: .....

---

Dados de Identificação dos Pesquisadores Responsáveis:

Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto

Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX)

Escola de Educação Física (ESEF)

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Rua Felizardo, 750 – Jardim Botânico – Porto Alegre, RS.

Telefone: 051 33085894

Marcelo Gava Pompermayer

Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX)

Escola de Educação Física (ESEF)

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Rua Felizardo, 750 – Jardim Botânico – Porto Alegre, RS.

Telefone: 054 99791851/ 051 84087101



## Termo de Consentimento Livre e Esclarecido:

Esse termo de consentimento é apenas parte de um processo de consentimento informado de um projeto de pesquisa do qual você participará. Ele deve lhe dar uma idéia básica do que se trata o projeto, e o que sua participação envolverá. Se você quiser mais detalhes ou qualquer informação não incluída aqui, sinta-se livre para solicitar. Por favor, leia atentamente esse termo, para que você entenda o objetivo desse projeto e o seu envolvimento nesse estudo como sujeito participante. O investigador tem o direito de encerrar o seu envolvimento nesse estudo, caso isso se faça necessário. De igual forma, você pode retirar o seu consentimento em participar no mesmo a qualquer momento.

O objetivo desse estudo é comparar o dano muscular decorrente de exercícios multiarticulares e monoarticulares nos músculos Bíceps Braquial e Braquial. Para tanto, os sujeitos serão divididos em dois grupos randomicamente. Um deles realizará o exercício “puxada pela frente”, e o outro, “rosca scott”. Será realizada uma sessão do exercício sorteado e após avaliaremos a recuperação do referido músculo.

Nove visitas ao Campus Olímpico (Laboratório de Pesquisa do Exercício e Sala de Musculação) serão feitas para familiarização, testes prévios ao exercício, protocolo de exercício propriamente dito e avaliações pré e pós-exercício acerca do dano muscular. Avaliações, estas, que se repetirão em 24h, 48h, 72h e 96h pós-exercício.

Especificamente, avaliaremos força muscular, dor muscular, circunferência do braço e a espessura muscular por ultrassonografia.

A participação no estudo não implica em despesas aos voluntários, assim como não prevê qualquer tipo de remuneração financeira.

Os riscos à saúde são mínimos, e consistem em dor ou desconforto muscular, redução temporária na amplitude de movimento e sensação de inchaço muscular após o protocolo de exercício e nos dias subseqüentes. O protocolo de exercício assim como o período de coletas contará com acompanhamento médico e fisioterápico.

A sua assinatura nesse formulário indica que você entendeu como se dará sua participação nesse projeto e que você concorda em participar como

sujeito. De forma alguma esse consentimento lhe faz renunciar aos seus direitos legais, e nem libera os investigadores, patrocinadores, ou instituições envolvidas de suas responsabilidades pessoais ou profissionais. Se tiver qualquer dúvida em relação a esta pesquisa, favor contatar os responsáveis por este projeto cujos telefones estão no início deste termo de consentimento livre e esclarecido ou o Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (51-33083738).

---

Voluntário

---

Ronei Silveira Pinto – Pesquisador Responsável

---

Marcelo Gava Pompermayer – Pesquisador Responsável

Porto Alegre, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 201\_\_.