

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

Cristiano Cavedon Ughini

**INFLUÊNCIA DE UMA E TRÊS SÉRIES DO EXERCÍCIO SUPINO
NOS MARCADORES INDIRETOS DE DANO MUSCULAR**

Porto Alegre

2011

Cristiano Cavedon Ughini

**INFLUÊNCIA DE UMA E TRÊS SÉRIES DO EXERCÍCIO SUPINO NOS
MARCADORES INDIRETOS DE DANO MUSCULAR**

Monografia apresentada à Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como pré-requisito para a conclusão do curso de graduação em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Ronei Silveira
Pinto

Porto Alegre

2011

RESUMO

A ultra-sonografia (US) tem sido frequentemente utilizada para verificar o dano muscular causado por diferentes tipos de exercícios, todavia nenhum estudo encontrado até o presente momento utilizou a comparação de metodologias que realizassem movimentos iguais ou semelhantes aos do exercício supino. Assim sendo, o objetivo do presente estudo foi avaliar a influência de uma e três séries do exercício supino nos marcadores indiretos de dano muscular em sujeitos destreinados em força. Para isso foram recrutados 8 jovens destreinados em força que realizaram uma e três séries do exercício supino e que tiveram avaliados sua contração isométrica voluntária máxima (CIVM), *echo-intensity*, espessura muscular (EM), dor muscular tardia (DMT) e amplitude de movimento (ADM) nos 3 dias subsequentes ao protocolo de exercício. Devido ao pequeno “n” amostral, até o presente momento, não foi utilizada estatística inferencial para verificar se há diferença significativa entre as condições. No entanto é possível observar que a maioria dos resultados encontrados parece diferenciar-se entre séries simples e múltiplas após a realização do exercício supino. Consequentemente as séries múltiplas tendem a afetar mais o processo inflamatório e a síntese protéica, mostrando que o tempo de recuperação entre os dois diferentes protocolos parece ser diferente devido à diferença de volume de treino. Esses resultados sugerem uma maior atenção aos períodos de recuperação entre uma sessão e outra do treinamento de força, sobretudo no período inicial do programa de treinamento. Contudo, conclusões ainda não devem ser feitas no intuito de comparar as diferentes situações, uma vez que não foram feitos testes estatísticos inferências. Sendo assim, continuaremos com o desenvolvimento desse estudo até que a amostra calculada de 15 indivíduos seja completada, testes inferenciais sejam utilizados e conclusões referentes a comparação das situações possam ser adequadamente realizadas.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	5
OBJETIVOS.....	7
Objetivo Geral:	7
Objetivos Específicos:	7
REVISÃO DE LITERATURA.....	8
Ultra-som: Breve Histórico.....	8
Ultra-som: Bases Físicas	9
Ultra-sonografia: Avaliação	12
Ultra-sonografia Musculoesquelética:	13
Treinamento de Força e Dano Muscular:.....	18
Ultra-sonografia Musculoesquelética – <i>Echo-intensity</i> :.....	19
Contrações Isométricas Voluntárias Máximas:.....	20
Amplitude de Movimento:.....	20
Dor Muscular Tardia:.....	21
Escala Análogo-Visual:	23
Justificativa:.....	24
Problema da Pesquisa:	24
MATERIAIS E MÉTODOS	25
Definição Operacional das Variáveis:.....	25
Variáveis Independentes:	25
Variáveis Dependentes:.....	25
Delineamento da Pesquisa:.....	25
Questões Éticas:	25
Amostra:	25
Critérios de Inclusão:.....	26
Protocolos de Avaliação:.....	26
Desenho Experimental:	27
Teste de Uma Repetição Máxima:	27
Contrações Isométricas Voluntárias Máximas:.....	28
Protocolos de Treino:	29

Uma série:	29
Três séries:	29
Composição Corporal:.....	29
Espessura Muscular:.....	30
Dano Muscular:	31
Dor Muscular Tardia:.....	31
Instrumentos de Coletas de Dados:	31
Balança e Estadiômetro:.....	31
Adipômetro:	31
Termômetro, Barômetro e Higrômetro:.....	31
Folha de Transparência e Caneta para Retroprojektor:	32
Ultra-som:	32
Dinamômetro Isocinético:	32
Análise Estatística:	32
RESULTADOS:.....	33
Caracterização da Amostra:.....	33
<i>Echo-Intensity</i> :.....	33
CIVM:	34
Espessura Muscular:.....	35
Dor Muscular Tardia - Palpação:.....	35
Dor Muscular Tardia - Alongamento:.....	36
Amplitude de Movimento:	37
DISCUSSÃO:.....	38
<i>Echo-Intensity</i> :.....	38
CIVM:	39
Espessura Muscular:.....	40
Dor muscular tardia – palpação e alongamento:.....	41
Amplitude de Movimento:	43
CONCLUSÃO:	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	45
ANEXO 1	53

INTRODUÇÃO

O treinamento de força (TF) tornou-se uma das mais populares formas de exercício para melhora da aptidão física de um indivíduo e para o condicionamento de atletas, principalmente pelo aumento da capacidade de produção de força. O TF implica em dois tipos de adaptações: as neuromusculares e as morfológicas. O aumento na capacidade de produção de força decorrente de adaptações morfológicas ocorre principalmente por meio de um aumento da síntese de proteínas contráteis de actina e miosina dentro da miofibrila, bem como um aumento no número de miofibrilas dentro de uma fibra, aumentando a massa muscular (FLECK e KRAEMER, 2006).

Assim sendo, ao se realizar alguma espécie de TF, segundo Behm e colaboradores (2001), lida-se com determinado esforço físico que provocará, em diferentes magnitudes, dano muscular (DM). Esse DM, apesar de cronicamente provocar um aumento da massa muscular, agudamente acarretará em perda da capacidade de produção de força (BEHM *et al.*,2001), em dor muscular tardia e em diminuição do ângulo de movimento da articulação trabalhada (CLEAK e ESTON, 1992).

Visando obter um DM considerável em um TF, para conseguir, cronicamente, aumentar a massa muscular, torna-se necessário prescrever o TF de forma adequada. Para conseguir tal adequação, Kraemer e Ratamess (2005) descreveram a necessidade de manipular diversas variáveis agudas do TF. Dentre tais variáveis destaca-se, como essencial, o número de séries executadas nos diferentes exercícios prescritos (CARPINELLI e OTTO,1998), que está diretamente relacionado ao volume da sessão de treino, sendo assim relacionado aos resultados do treinamento (FLECK E KRAMER,2006).

Carpinelli e Otto, em 1998, em uma revisão sobre a eficácia de protocolos de TF que utilizaram séries simples ou séries múltiplas demonstraram não haver evidências de consenso na literatura em relação ao protocolo de séries múltiplas ser mais eficiente que o protocolo de séries únicas. Dos 35 estudos comparativos presentes na revisão, 33 não apresentaram diferenças significativas no aumento da capacidade de produção de força entre os grupos: séries únicas e séries múltiplas.

Já que não há evidências de consenso na literatura sobre o número ótimo de séries no TF, a habilidade de acessar a efetividade das intervenções de diferentes tipos de exercícios de força diretamente na musculatura *in vivo* têm se tornado importante para diferentes populações, variando desde jovens atletas, até idosos sedentários

engajados em programas que englobem alguma espécie de TF (BEMBEN, 2002). Como exemplo, a estimativa da área de secção-transversa muscular (AST) *in vivo* é um importante mecanismo para se estudar os diferentes efeitos desse exercício, desuso ou sarcopenia muscular (AHTIAINEN *et al.*, 2009).

Na literatura atual, a ultra-sonografia (US) tem sido frequentemente utilizada para verificar o DM causado por diferentes tipos de exercícios. Nosaka e colaboradores, em 2002, observaram, através da US, o comportamento do DM em dois diferentes protocolos excêntricos de exercício utilizando a musculatura flexora do cotovelo. Fujikake e colaboradores, em 2009, também utilizando-se da técnica de US, constataram um aumento do DM em ratos após a injeção de uma substância indutora de DM (*bupivacaine hydrochloride*). Nesse mesmo raciocínio, Chen e colaboradores (2010) analisaram, através da US, o efeito de quatro sessões semanais de treino, utilizando-se de exercícios excêntricos, no DM. Todavia, nenhum estudo encontrado até o presente momento utilizou exercícios com contrações concêntricas que realizassem movimentos iguais ou semelhantes aos do exercício “supino”.

Sendo assim, tendo em vista os aspectos relevantes citados anteriormente em relação ao número de séries do protocolo de treino e ao DM provocado pelo mesmo, a realização de uma série única de supino realmente resulta em efeitos similares relacionados ao DM quando comparados com três séries do mesmo exercício?

OBJETIVOS

Objetivo Geral:

Avaliar o dano muscular após dois diferentes protocolos de treino de força no exercício “supino” em sujeitos destreinados em força.

Objetivos Específicos:

1 - Avaliar e comparar o dano e a espessura dos músculos peitoral maior e tríceps braquial, através da US, obtidos pré, imediatamente, 24, 48 e 72 horas após a realização de uma série de supino.

2 - Avaliar e comparar o dano e a espessura dos músculos peitoral maior e tríceps braquial, através da US, obtidos pré, imediatamente, 24, 48 e 72 horas após a realização de três séries de supino.

3 - Avaliar o ângulo de movimento da articulação gleno-umeral obtido 24, 48 e 72 horas após a realização de uma série de supino.

4 - Avaliar o ângulo de movimento da articulação gleno-umeral obtido 24, 48 e 72 horas após a realização de três séries de supino.

5 - Avaliar e comparar a dor muscular tardia dos músculos peitoral maior e tríceps braquial através da escala análogo-visual obtida pré, imediatamente, 24, 48 e 72 horas após a realização de uma série de supino.

6 - Avaliar e comparar a dor muscular tardia dos músculos peitoral maior e tríceps braquial através da escala análogo-visual obtida pré, imediatamente, 24, 48 e 72 horas após a realização de três séries de supino.

7 - Avaliar e comparar os valores médios de torque isométrico de flexão horizontal de ombro pré, imediatamente, 24, 48 e 72 horas após a realização uma série de supino.

8 - Avaliar e comparar os valores médios de torque isométrico de flexão horizontal de ombro pré, imediatamente, 24, 48 e 72 horas após a realização de três séries de supino.

9 - Comparar os valores de dano muscular, espessura muscular, dor muscular tardia, ângulo de movimento da articulação gleno-umeral, e média do torque isométrico obtidos entre os protocolos de uma e três séries.

REVISÃO DE LITERATURA

A habilidade de acessar a efetividade das intervenções de diferentes tipos de exercícios de força diretamente na musculatura *in vivo* têm se tornado crescentemente importante para uma variedade de populações, variando desde jovens atletas, até idosos sedentários engajados em programas de treino que englobem alguma espécie de TF (BEMBEN, 2002). Como exemplo, a estimativa da área de secção transversa (AST) *in vivo* é um importante mecanismo para se avaliar os diferentes efeitos desse exercício, desuso ou sarcopenia muscular (AHTIAINEN *et al.*, 2009).

Devido a esta busca por diferentes aspectos da massa muscular, a imagem de ressonância magnética (IRM) tem sido amplamente considerada como o “padrão ouro” devido ao grande contraste que provém entre as diferentes propriedades moleculares. A IRM é uma técnica radiográfica que pode precisamente avaliar mudanças na AST de musculaturas específicas ou de grupos musculares. Todavia, a utilização da IRM para pesquisas é continuamente limitada devido à alta procura para processos clínicos e principalmente pelo alto custo (REEVES, 2004). Assim sendo, torna-se necessário um método válido mais acessível e fidedigno para a mensuração de aspectos musculares *in vivo*.

Tendo em vista os aspectos citados anteriormente, a necessidade de busca de outra ferramenta fidedigna e confiável para mensurar a morfologia muscular conduziu as pesquisas para a utilização da US (THOIRS e ENGLISH, 2009). Destarte, os estudos mais atuais visando obter detalhes sobre a musculatura *in vivo* têm-se utilizado amplamente da US (REEVES *et al.*, 2004; FUJIKAKE *et al.*, 2009; NOGUEIRA *et al.*, 2009). Assim como a IRM, a US permite a distinção entre o músculo e a camada lipídica e não envolve uma exposição desnecessária do paciente à radiação iônica como outros métodos menos convencionais. Além disso, é um método mais barato, portátil e de fácil acesso quando comparado com a IRM (ESFORMES *et al.*, 2002 e AHTIAINEN *et al.*, 2009).

Ultra-som: Breve Histórico

A história do ultra-som começa em 1794, quando Lazzaro Spallanzini demonstrou que os morcegos orientavam-se pela audição e não pela visão. A partir disso, os estudos do ultra-som desenvolvidos tinham como objetivo as expectativas militares e

industriais, enquanto que as pesquisas na área médica iniciaram-se logo após a segunda guerra mundial.

No começo, as imagens eram em preto e branco, totalmente sem gradações. Todavia, em 1971, com a introdução da escala de cinza na imagem (por Kossof), na Austrália, em que diversos níveis de intensidade de ecos são representados por diferentes tons de cinza na tela, deu-se uma crescente revolução do método. A partir da década de 1980, a US foi impulsionada pelo desenvolvimento tecnológico que transformou esse método em um importante instrumento de investigação diagnóstica (SOUZA *et al.*, 2007).

Ultra-som: Bases Físicas

A US é uma técnica que utiliza ondas sonoras para desenvolver uma imagem bi-dimensional dos tecidos moles que, através do módulo B, ou também conhecido como módulo luminoso (*B-mode*), permite a visualização de uma alta qualidade de imagens (DOXEY, 1987).

A US tem como fundamento primordial a onda acústica. Esse método baseia-se no fenômeno de interação de som e tecidos, ou seja, a partir da transmissão de onda sonora pelo meio, conseguimos observar as propriedades mecânicas dos tecidos (SOUZA *et al.*, 2007). Essas ondas sonoras emitidas são de altíssimas frequências (*ultra-high frequencies*), situadas na faixa de 2-10 milhões de ciclos por segundo, estando muito acima da faixa de audibilidade do ouvido humano (VASQUES, 1997).

Visando elucidar, onda define-se como uma maneira de transmitir energia sem propagação de matéria. Além disso, são classificadas em mecânicas ou eletromagnéticas, sendo que a onda acústica, utilizada no US, é um exemplo de onda mecânica.

Os equipamentos de US são unidades de emissão e recepção de ondas, ou seja, produzem estímulos elétricos que são conduzidos aos transdutores, que vibram e produzem ondas mecânicas. Essas penetram no corpo humano e voltam para os transdutores como ondas refletidas (ecos), produzindo vibração dos cristais. Esta vibração, devido ao efeito piezoelétrico inato dos cristais, é transformada de uma simples onda mecânica, como o som, em um impulso elétrico que, por sua vez, é interpretado pelo computador e posteriormente representado no monitor em escala de cinza.

Por muitos anos, esses cristais utilizados pelas indústrias de equipamentos de ultra-som eram de quartzo. Posteriormente, foram substituídos por cristais cerâmicos como titanato de bário e titanato de zirconato, pois esses cristais sintéticos possuem melhores características mecânicas e sua manufatura é mais fácil.

Em suma, no caso específico da US, o transdutor - que se caracteriza por ser qualquer instrumento que seja capaz de transformar um tipo de energia em outra - converte energia elétrica em energia mecânica e vice-versa. Em um primeiro passo, o transdutor converte energia em pulsos de onda que são enviados à área de interesse do estudo, funcionando como emissor de ondas. Em um segundo passo, esse mesmo transdutor funciona como receptor dos ecos refletidos, convertendo-os em sinais elétricos e processando-os em imagem. Os transdutores têm formas e frequências diferentes, podendo ser lineares, convexos, *phased-array* e endocavitários (SOUZA *et al.*, 2007). São utilizados de acordo com a região a ser examinada e o biotipo do paciente (Figura 1.1).

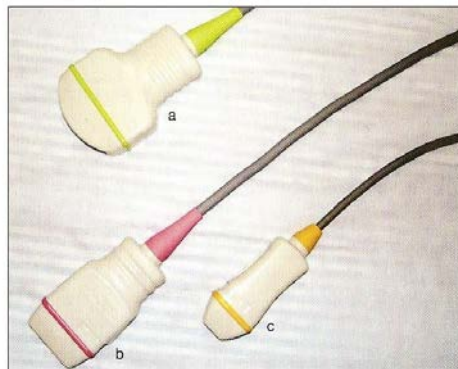


Figura 1.1 – Transdutores (a – c).

Figura 1.1 - adaptado SOUZA *et al.*, 2007.

A distância dos objetos que vão ser analisados, ou seja, a distância da interface refletora para o transdutor é muito importante na US diagnóstica, já que a grande maioria das informações clínicas provenientes das ondas de ultra-som é baseada nas medidas precisas do tempo de viagem das ondas.

Quando o pulso de onda é emitido no corpo humano, o tempo de retorno deste eco a partir das interfaces refletoras é medido. Assim, é possível calcular a distância (em centímetros ou em milímetros) da interface refletora em relação ao transdutor. Dessa forma, conseguimos realizar diversas mensurações durante a realização de exames.

Portanto, uma característica muito importante na escolha dos transdutores é a frequência dos mesmos. Quando se utilizam transdutores de alta frequência, provoca-se uma maior atenuação das ondas e uma menor penetração. Já os transdutores de baixa frequência apresentam uma menor atenuação e uma maior penetração. Esse fenômeno da atenuação determina a eficiência da penetração das ondas de ultra-som nos diferentes tipos de tecido.

A unidade de frequência dos transdutores é em hertz (Hz), onde:

- 1Hz = 1 ciclo por segundo.
- Altas frequências são expressas em megahertz (MHz = 1.000.000 Hz).
- Ultra-som: > 20.000 Hz.
- Ultra-som diagnóstico: 2 – 20 MHz.

Na avaliação dos órgãos e estruturas superficiais, utilizamos o transdutor linear (ver Fig. 1.1, *b*), que apresenta maior frequência, estimada entre 7,5 e 12 MHz, e conseqüentemente maior resolução de estruturas superficiais e menor penetração.

Lesões muito volumosas podem ser avaliadas através de reconstruções panorâmicas, existentes em equipamentos recentes, ou com auxílio do transdutor convexo, para mensuração mais precisa (SOUZA *et al.*, 2007).

Em relação à impedância acústica (Tabela 1), que seria a capacidade de um tecido de absorver o ultra-som (relaciona a densidade e a velocidade do som), tem grande influência na transmissão/reflexão da onda sonora. Conforme se observa na Tabela 1, o tecido ósseo absorve quase que totalmente o feixe sonográfico. Os gases, de uma maneira geral, refletem totalmente a onda acústica.

TABELA 1 - IMPEDÂNCIAS ACÚSTICAS (RAYL x 0,0001)

TECIDO OU MATÉRIA	IMPEDÂNCIA
Água	1,40
Gordura	1,38
Ar	0,0004
Sangue	1,61
Rim	1,62
Partes moles	1,63
Músculos	1,70
Fígado	1,65
Ossos	7,80

RAYL = g/cm²

Tabela 1 – adaptada de VASQUES, 1997.

Podemos extrair dessas características algumas noções práticas: estruturas localizadas abaixo de ossos ou áreas calcificadas não são atingidas pelo feixe sonoro e, portanto, não são visualizadas. Da mesma forma, estruturas situadas posteriormente a meios gasosos também não são vistas. A segunda situação nos faz entender a necessidade do uso de uma substância acoplante (gel, óleo mineral, etc.), para que o ar existente entre o transdutor e a pele não reflita por completo o feixe sonoro.

Esquemáticamente, as ondas sonoras deixam o transdutor, passando pelo gel (substância neutra) e, logo após, deparando-se com a pele. Nesse momento, parte do feixe é refletido e parte é transmitido chegando à região de interesse. Os feixes refletidos retomam, sendo captados pelos cristais nos intervalos entre um pulso e outro. À medida que as ondas vão se propagando, sofrem, como consequência, o fenômeno de atenuação (redução da intensidade e da amplitude), o que ocorre também devido à absorção (transformação do som em calor) e a dispersão (Figura 2).

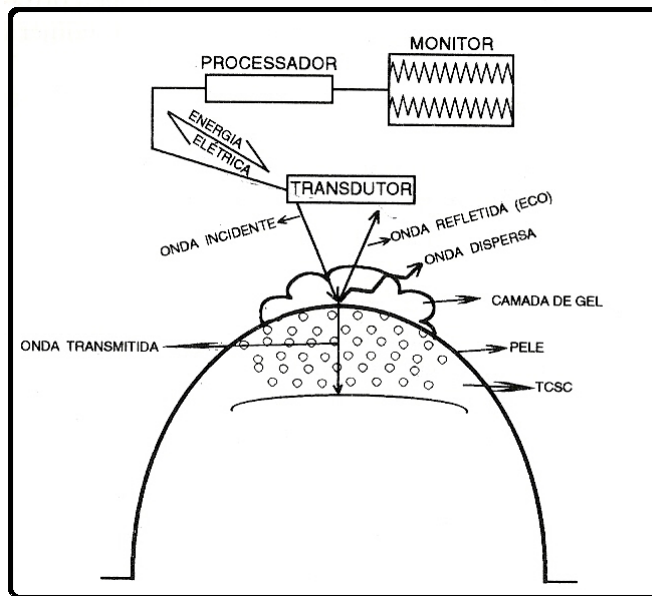


Figura 2 – Representação esquemática da emissão/recepção do feixe sonoro – adaptado de VASQUES, 1997.

Portanto, como visto na figura, os ecos refletidos serão captados pelos cristais do transdutor nos intervalos das transmissões e, após processados, formarão a imagem correspondente na tela do monitor (VASQUES, 1997).

Ultra-sonografia: Avaliação

Técnicas de imagem têm sido amplamente utilizadas em diversos tipos de estudos, como a IRM, a tomografia computadorizada (TC) e a US (MIYATANI, 2000; ESFORMES

et al., 2002; REEVES *et al.*, 2004). Pela grande escala de detecção do contraste entre tecidos com diferentes propriedades, os valores fornecidos pela IRM e TC são considerados padrões ouro, porém, o alto custo, a exposição à radiação e a refinada destreza por parte do operador constituem limitações desses métodos (BEMBEN, 2002). A US, por outro lado, tem um custo relativo menor, podendo ser portátil e facilmente operacionalizada além de possuir uma adequada diferenciação entre os tecidos conjuntivos (AHTIAINEN *et al.*, 2009), que se apresentam mais claros (hiperecótico) e o tecido muscular, mais escuro (hipoecótico).

A demanda pela utilização da US foi crescente desde as suas primeiras pesquisas. As primeiras imagens associadas às informações clínicas promoveram constantes avanços no diagnóstico e conhecimento do método.

Novos conceitos foram desenvolvidos pela possibilidade de obter imagens dinâmicas e evolutivas usando energia não ionizante e isenta de efeitos colaterais. O controle evolutivo e avaliação das transformações fisiológicas e patológicas puderam ser acompanhados sem danos aos pacientes (SOUZA *et al.*, 2007).

Contudo, essas avaliações devem ser feitas usando medidas padrão, para preservar sua fidedignidade. Portanto, pontos de referência, posição e orientação do transdutor devem ser controlados para uma boa reprodutibilidade dos resultados. A habilidade do operador também ajuda na reprodutibilidade dos resultados, sendo que o conhecimento anatômico possibilita a delimitação adequada das regiões avaliadas.

Alguns passos são necessários para se adquirir uma imagem ultra-sonográfica adequada (NOFSINGER e KONIN, 2009):

- 1) O operador deve estabelecer o sentido do transdutor para futura orientação.
- 2) Identificações de pontos de referência devem ser utilizadas para orientação.
- 3) O ângulo relativo do transdutor deve ser mantido (usando os dedos da mão).

Além disso, Thoires e English (2009) demonstraram que a avaliação da US feita com o sujeito mantido na posição em pé adquire mais fidedignidade de teste/re-teste do que quando feito com o sujeito mantido na posição deitada.

Ultra-sonografia Musculoesquelética:

A US musculoesquelética utiliza frequências de 5 – 20 milhões de ciclos/segundo (MHz). As ondas sonoras que passam pelo gel e deparam-se com a pele são transmitidas por um transdutor chegando à região de interesse. Assim sendo, algumas

ondas são refletidas e interpretadas, e suas características fornecem um mapa das estruturas de interesse. Sendo assim o diagnóstico por US tem aumentado consideravelmente na última década, principalmente os que objetivam visualizar a musculatura, muitas vezes denominada como US musculoesquelética (NOFSINGER e KONIN, 2009).

A utilização da US musculoesquelética tem sido frequentemente proposta em investigações com o intuito de avaliar as adaptações musculares em resposta a diferentes protocolos de TF (NOSAKA e NEWTON, 2002; NOGUEIRA *et al.*, 2009; PINTO *et al.*, 2011), como a avaliação da espessura muscular (RADAELLI *et al.*, 2011b), qualidade muscular (RADAELLI *et al.*, 2011a), volume muscular (ESFORMES *et al.*, 2002; MIYATANI *et al.*, 2000) e da AST (AHTIAINEN *et al.* 2009; BEMBEN, 2002).

Por meio desta técnica é possível visualizar a espessura muscular (EM), importante para a predição do VM. Alguns métodos para a estimativa do VM compreendem relações simplificadas, baseadas na aproximação do músculo por uma forma cilíndrica, enquanto outras utilizam dados antropométricos, como o comprimento do braço (L), e análises estatísticas mais avançadas (MIYATANI *et al.*, 2000; MIYATANI *et al.*, 2004). Miyatani e colaboradores, em 2000, e Esformes e colaboradores, em 2002, mostraram ser útil e válida a utilização da US para mensurar a medida do volume muscular. Miyatani e colaboradores analisaram os resultados avaliando o volume muscular dos membros superiores comparando-os à medida feita por IRM. Já Esformes e colaboradores, por sua vez, observaram a relação do volume do músculo Tibial Anterior quando comparada à IRM. Esse dois estudos mostram serem válidas e reprodutíveis as medidas feitas através da US em relação ao volume muscular quando comparada à IRM.

Já a AST, por sua vez, é um método mais útil que a EM, pois apresenta maior relação com as características associadas à hipertrofia muscular e à produção de força com relação ao tamanho muscular (BEMBEN, 2002). Todavia é notório que esta técnica, a IRM, é inviável para a maioria dos pesquisadores devido principalmente pelo alto custo (ESFORMES *et al.*, 2002; AHTIAINEN *et al.* 2009). Por isso, avanços tecnológicos obtidos nos equipamentos de US, juntamente com o desenvolvimento de instrumentos, conseguiram, utilizando-se da US, estabelecer a AST sendo um método alternativo para mensuração das mudanças de determinado músculo ou de um grupo muscular

(BEMBEN, 2002). Bembem, em 2002, bem como Reeves e colaboradores (2004), relataram que a US utilizada com o módulo-B consegue prover uma segura e fidedigna medida da AST dos músculos superficiais (no caso, reto femoral, bíceps braquial e vasto lateral) quando comparada à utilização da IRM. Isso sugere que o método da US aplicada para detectar mudanças na AST é válido e reprodutível. Sendo assim, a US torna-se uma alternativa útil de uso em relação à IRM.

A vasta utilização da US para mensurar adaptações musculares ocorre devido à alta confiabilidade da medida. São diversos os estudos mostrando ser a US um método confiável para medidas de espessuras musculares entre as interfaces com o osso e com o tecido adiposo (Tabela 2).

TABELA 2: Estudos que investigaram a confiabilidade da medida de espessura muscular pela US.

ESTUDO	"n" AMOSTRAL	MÚSCULOS AVALIADOS	RESULTADOS	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO
MIYATANI <i>et al.</i> ,(2002)	10 H adultos	EJ	EJ = 0,972	NR
BEMBEN (2002)	38 idosas 85 idosos e idosas 10 jovens H e M	RF; BB RF RF	RF= 0,88; BB=0,99 RF = 0,72 RF = 0,80	3,8%; 3,6% 3,5% 6,7%
ESFORMES <i>et al.</i> , 2002	3 H e 3 M	TA	TA = 0,98	NR
BLAZEVIK <i>et al.</i> , 2007	29 (14 H e 15 M)	VL	VL = 0,882 - 0,970	NR
NOGUEIRA <i>et al.</i> ,2009	24 idosos	FC RF	NR NR	↓ 3% ↓ 3%
THOIRS e ENGLISH, 2009	18 (10 M e 8 H)	9 porções musculares dos MS e MI	Em pé = 7 dos ICCs (0.82-0.94) Deitado = 5 dos ICCs (0.82-0.94)	NR NR
GOMES <i>et al.</i> , 2010	15 (8 M e 7 H)	FC EC FJ EJ	FC = 0,970 EC = 0,971 FJ = 0,555 EJ = 0,929	3,9% 6,1% 6,6% 4,6%
Radaelli <i>et al.</i> , 2011b	10 idosas	FC	FC = 0,94	4,2%
PINTO <i>et al.</i> , 2011	40 H	FC	FC = 0,96	NR

H = homens, M = mulheres, EJ = extensores do joelho, FC = flexores do cotovelo, FJ = flexores do joelho, MS = membros superiores, MI = membros inferiores, VL = vasto lateral, RF = reto femoral, TA = tibial anterior, BB = bíceps braquial, NR = não relatado.

A US musculoesquelética pode ser também utilizada como uma ferramenta diagnóstica, contudo necessita-se de valores de referência para cada população,

levando em conta o gênero e idade para cada músculo avaliado (ARTS *et al.*, 2010). Em crianças, encontram-se valores normativos para diferentes musculaturas (SCHOLTEN *et al.*, 2003) assim como em adultos, onde alguns estudos mais recentes demonstram esses valores normativos (ARTS *et al.*, 2010).

Todavia a US musculoesquelética parece estar sujeita a diversas variáveis, tais como a resolução do equipamento e a identificação precisa dos sítios anatômicos. Também variáveis individuais, como o adequado relaxamento da musculatura a ser monitorada e o tempo transcorrido desde a última sessão de atividade física e a tomada da medida, podem afetar a qualidade dos dados (GOMES *et al.*, 2010). Além disso, Ishida e colaboradores, em 1992, e BEMBEN (2002) ressaltaram que a confiabilidade pode ser ameaçada pelo grau de treinamento do ultrassonografista e que maiores níveis de adiposidade subjacente ao sítio anatômico de tomada das medidas podem aumentar a dificuldade de identificação da interface músculo-tecido adiposo e, subsequentemente, prejudicar a qualidade da medida. Outro fator primordial é a posição de coleta das imagens. Em um estudo de Thoirs e English, em 2009, a EM se mostrou fidedigna quando realizada com os sujeitos deitados ou em pé. Todavia, a posição afeta os valores absolutos da EM indicando que em posições de decúbito, os valores de ICC foram menores, mostrando uma menor fidedignidade quando comparados à posição em pé. Ainda nesta mesma linha de investigação, Cerniglia e colaboradores (2007) analisaram as mudanças na EM ocorridas pelo tempo de descanso antes das medidas serem realizadas. Os resultados demonstram um decréscimo mais significativo nos primeiros 15-20 minutos de repouso, sendo assim, até mesmo o tempo de permanência em repouso antes da coleta afeta o resultado final da imagem obtida.

Assim sendo, devido à alta confiabilidade da medida, diversos são os estudos (tabela 3) que analisam o efeito de diferentes tipos de treinamento na EM.

TABELA 3: Estudos que investigaram o efeito do treinamento força na espessura muscular pela US.

ESTUDO	“n” AMOSTRAL	INTERVENÇÃO REALIZADA	MÚSCULOS AVALIADOS	RESULTADOS
STARKEY (2004)	16 H	13 semanas TF; 3x/sem, 30 – 60% 1RM; 6-12 rep.	VL – 10 sítios diferentes	↑ EM
ABE <i>et al.</i> , (2000)	37 H e M	12 semanas TF; 3x/sem, 60 - 70 % 1RM; 8-12 rep	FC, EC e PM	↑ EM
BLAZEVIICH (2007)	29 (14 H e 15 M)	5 semanas de TF Isocinético; 3x/sem	VL	Mesma EM
NOGUEIRA <i>et al.</i> , 2009	24 idosos	10 semanas de TF ou TP; 2x/sem	FC RF	↑ EM em ambos ↑ EM somente TP
PINTO <i>et al.</i> , 2011	40 H	10 semanas de TF com amplitude parcial e total	FC	Mesma EM

H = homens, M = mulheres, EJ = extensores do joelho, FC = flexores do cotovelo, VL = vasto lateral, RF = reto femoral, PM = peitoral maior, EC = extensores do cotovelo, TF = treinamento de força, TP = treino de potência, 1RM = uma repetição máxima, NR = não relatado.

Treinamento de Força e Dano Muscular:

O TF, também conhecido como treinamento com pesos ou treinamento com cargas, tornou-se uma das formas mais conhecidas de exercício, tanto para o condicionamento de atletas como para a melhora da forma física de não-atletas (FLECK e KRAMER,2006).

O DM que ocorre a partir de diversos tipos de exercícios de força é observado através de sintomas, como a dor muscular tardia (DMT), e seu diagnóstico também pode ser verificado através do aumento de proteínas musculares específicas encontradas no sangue, como é o caso da creatina cinase (CK) ou mioglobina (Mb), (FUJIKAKE *et al.*, 2009).

Nosaka e Newton, em 2002, realizaram exercícios utilizando contrações excêntricas máximas em oito estudantes destreinados em força. Junto disso, durante 96 horas avaliaram as concentrações sanguíneas de CK para avaliar o DM proveniente de tal treino. Como resultado obtiveram um aumento significativo da concentração da creatina cinase sanguínea durante todo o período analisado.

Nosaka e colaboradores, em 2002, novamente avaliaram o aumento das concentrações de CK durante diferentes protocolos de exercícios excêntricos em 110 estudantes homens. Em ambos os protocolos, os níveis de creatina cinase sanguínea permaneceram estatisticamente elevados no segundo, terceiro e quarto dia seguintes aos exercícios.

O mesmo foi observado em 2000 por Murayama e colaboradores, em que a concentração plasmática de CK aumentou estatisticamente após a realização de 24 contrações excêntricas, atingindo o pico 4 dias após a realização dos exercícios.

Ultra-sonografia Musculoesquelética – *Echo-intensity*:

A *echo-intensity* é, sucintamente, uma escala de cinza, em que nos é demonstrado em um histograma a escala de preto (valor = 0) e branco (valor = 256) que determinada imagem detém. Para se obter esta escala, as imagens obtidas através da US devem ser exportadas para programas específicos que, nesse caso, analisam a média de valores dessa escala em determinadas áreas de interesse. Além disso, é relatado que o aumento do valor da escala de cinza de determinada imagem, reflete a presença/aumento do DM. Todavia, continuam incertos os motivos causadores de tal fenômeno (FUJIKAKE *et al.*, 2009).

Nesse mesmo estudo citado anteriormente, foi verificado um aumento na escala de cinza após a injeção de determinada substância causadora de DM. Portanto, os autores utilizaram-se da técnica de US, analisando as imagens obtidas através do programa *Image J*, constatando um aumento do dano em músculos de ratos após a injeção da substância indutora de DM (*bupivacaine hydrochloride*).

Isso foi demonstrado por variados autores, que objetivavam avaliar o DM de determinada atividade física sobre uma musculatura específica. Como exemplo, Nosaka e Clarkson, em 1995, demonstraram um aumento na escala de cinza de indivíduos que realizaram determinadas séries de exercícios excêntricos para a musculatura flexora do cotovelo.

Além disso, Chen e colaboradores, em 2010, analisaram o DM (avaliado por diversos marcadores) causado por determinadas sessões de treino excêntrico. Nesse estudo verificou-se que, nas sessões em que o efeito protetor não estava presente, os marcadores sanguíneos de DM (Mb, CK e Lactato Desidrogenase) foram concomitantes ao aumento da *echointensity*.

Contrações Isométricas Voluntárias Máximas:

Além da utilização da US para estimar o DM decorrente de uma sessão de TF de força, diversos autores têm avaliado a recuperação da capacidade de produção de força após a realização de tal treino. A recuperação da produção de força depende do protocolo de treino utilizado e, conseqüentemente, pode estar associada ao DM gerado por esse protocolo, visto que estudos demonstram uma perda de produção de força concomitante ao aumento da concentração de marcadores de DM (NOSAKA *et al.*, 2002; NOSAKA e NEWTON, 2002). Para analisar a curva de recuperação da produção de força, estudos têm utilizado o valor de torque produzido em contrações isométricas voluntárias máximas.

Seguindo o raciocínio, Behm e colaboradores, em 2001, aplicaram um protocolo de TF em 16 homens ativos mas destreinados em força. Após determinados exercícios, os autores verificaram, 24 horas após o protocolo, uma diminuição significativa na produção de força isométrica.

Nosaka e Newton, em 2002, avaliaram a força produzida isometricamente após a realização de contrações excêntricas para a musculatura flexora do cotovelo de oito homens não treinados. Essa mensuração foi feita até 96 horas após o protocolo de treino. Nesse estudo, foi verificada uma diminuição significativa da força máxima isométrica para os músculos avaliados por até 5 horas após o protocolo.

Chen e colaboradores, em 2010, avaliaram, dentre uma das variáveis, a força produzida isometricamente após a realização de exercícios excêntricos para a musculatura flexora do cotovelo. Assim sendo, foi observada uma diminuição significativa da força isométrica máxima para os músculos flexores de cotovelo por até 120 horas após o protocolo de treino.

Amplitude de Movimento:

A amplitude de movimento é usualmente mensurada pelo número de graus que uma articulação se estende em determinado movimento, desde seu ponto inicial até o seu ponto final.

Diversos são os estudos que avaliam a mudança da amplitude de movimento após uma sessão de protocolos de força. Nosaka e Newton, em 2002, realizaram um estudo em que avaliaram, dentre uma das variáveis, a amplitude de movimento (ADM) após a realização de exercícios de força máxima. Essa mensuração foi feita até 96 horas após

o protocolo de treino. Durante esse tempo, foi verificada uma diminuição significativa da ADM por até 5 dias após a realização dos exercícios de força. Ainda em 2002, Nosaka e colaboradores relataram uma perda da amplitude de movimento após a execução de diversas contrações, por até 4 dias após a sua realização.

Seguindo o mesmo raciocínio, Cleak e Eston, em 1992, aplicaram um desgastante e intenso protocolo de exercícios excêntricos em 26 homens jovens. Após determinados exercícios, os autores verificaram, por até sete dias, uma diminuição na amplitude de movimento da articulação envolvida.

O mesmo foi observado em 2000 por Murayama e colaboradores, em que a amplitude de movimento, fosse ela realizada na posição em pé ou deitada, decaiu estatisticamente após a realização de vinte e quatro contrações excêntricas. O ângulo da articulação em repouso decaiu 20 graus dois dias após a execução dos exercícios quando comparado à situação basal.

Além disso, Chen e colaboradores, em 2010, avaliaram a diferença da amplitude de movimento causada por determinadas sessões de treino excêntrico para a musculatura flexora do cotovelo. Nesse estudo verificou-se que, mesmo nas sessões em que o efeito protetor estava presente, houve uma diminuição da ADM por até 120 horas após os protocolos.

Dor Muscular Tardia:

A dor muscular tardia (DMT) é caracterizada pela sensação de desconforto e/ou dor na musculatura esquelética que ocorre algumas horas após a prática de atividade física, especialmente em sujeitos não familiarizados com o exercício realizado (TRICOLI, 2001) e/ou atividades com contrações predominantemente excêntricas (MAXWELL *et al.*, 2003). A DMT não se manifesta até, aproximadamente, oito horas após o exercício, aumentando progressivamente de intensidade nas primeiras 24 horas e alcançando o máximo de intensidade entre 24 e 72 horas. Após esse período, há um declínio progressivo na dor, de modo que cinco a sete dias após a carga de exercício ela desaparece completamente (TRICOLI, 2001; MAXWELL *et al.*, 2003).

Os grupos musculares afetados pela dor muscular tardia são frequentemente descritos como rígidos e sensíveis ao toque, com uma reduzida capacidade de gerar força e com amplitude de movimento também diminuída (CLEAK e ESTON, 1992). Além disso, tem sido sugerido por alguns autores que o reduzido nível de performance física

pode ser consequência da relutância do indivíduo em contrair os seus músculos, devido à sensação dolorosa ou da real redução na capacidade de produção de força pela musculatura afetada.

Todavia, a dor muscular tardia não é homogênea em toda a musculatura afetada, mas se concentra de forma mais intensa na parte mais distal dos músculos. Essa localização da dor pode ser atribuída pela maior concentração de nociceptores (receptores de dor que consistem em terminações nervosas livres que são excitadas por estímulos mecânicos, químicos e térmicos) no tecido conjuntivo da região miotendínea (NOSAKA *et al.*, 2002).

Apesar das inúmeras pesquisas científicas, ainda estão indefinidos quais são os mecanismos responsáveis pelo surgimento da dor muscular tardia (NOSAKA *et al.*, 2002). As primeiras teorias propuseram como os possíveis fatores envolvidos na etiologia da dor muscular tardia: o dano físico causado pelo aumento da tensão no aparelho contrátil (estresse mecânico), acúmulo de produtos metabólicos tóxicos devido ao elevado metabolismo (estresse metabólico), dano estrutural aos tecidos causado pelo aumento da temperatura muscular, e controle neuromuscular alterado que acaba produzindo espasmos (que, por sua vez, causariam a dor).

Um modelo interessante proposto por (TRICOLI, 2001) para explicar o fenômeno da dor muscular tardia, está baseado no relacionamento entre a alta tensão exercida no músculo e o dano estrutural, decorrente dessa ação. Forças mecânicas elevadas, particularmente durante contrações excêntricas, causam distúrbios nas proteínas estruturais encontradas na célula muscular e no tecido conectivo. Após o dano no tecido conectivo e/ou na estrutura contrátil, neutrófilos migrariam para o local da lesão onde eles iniciariam o processo de reparo do tecido danificado. Entre seis e 12 horas, monócitos se acumulariam na região, com o pico de concentração ao redor de 48 horas após o exercício. Os monócitos seriam, então, convertidos em macrófagos, os quais, por sua vez, sintetizariam grandes quantidades de prostaglandinas (PGE2). As prostaglandinas aumentariam a sensibilidade dos receptores de dor tipo III e tipo IV. Desta forma, qualquer movimento ou palpação externa poderia intensificar os pequenos aumentos da pressão intramuscular (devido ao edema), proporcionando um estímulo mecânico para a hipersensibilidade dos receptores de dor. Portanto, a lenta liberação de prostaglandinas, associada ao processo de DM, poderia explicar a dolorosa sensação relacionada à dor muscular tardia.

Está também bem estabelecido que a contração excêntrica é o padrão de ação muscular que provoca maior dano à estrutura muscular esquelética (NOSAKA *et al.*, 2002). Em decorrência disso, a intensidade da dor muscular proveniente de contrações excêntricas também é maior. Durante as contrações excêntricas, a quantidade de força desenvolvida é, aproximadamente, duas vezes superior à força desenvolvida durante contrações isométricas; no entanto, o número total de pontes cruzadas ativas é somente 10% maior (TRICOLI, 2001), resultando em uma tensão elevada na estrutura muscular e em um exercício de alta intensidade (NOSAKA *et al.*, 2002). Sabe-se, também, que durante as contrações excêntricas um número reduzido de unidades motoras é recrutado, quando comparado às contrações concêntricas, o que implica um estresse mecânico elevado na fibra muscular, uma vez que a tensão por área de secção transversa ativa é maior. Acredita-se, assim, que a tensão mecânica imposta ao músculo esquelético, durante uma ação excêntrica, mais do que os fatores metabólicos, é a responsável pelo dano à célula muscular. Esse dano pode ocorrer nos mais diversos componentes celulares como o sarcolema, os túbulos transversos (túbulos T), as miofibrilas ou a estrutura citoesquelética. Como o dano à fibra muscular resulta na sensação dolorosa ou porque a dor muscular é tardia, ainda não está completamente esclarecido (TRICOLI, 2001).

Um aspecto problemático da DMT é a mensuração de dor. A avaliação é necessariamente subjetiva e há uma variedade de escalas utilizadas pela literatura para tentar quantificar tal variável (CLEAK e ESTON, 1992). Ainda assim, uma escala de medidas têm sido constantemente usada pela literatura: a escala análogo-visual.

Escala Análogo-Visual:

A medida usada constantemente pela literatura internacional para intentar a dor muscular tardia é a escala análogo-visual (EAV). Esta escala consiste em um linha (de comprimentos diferentes de acordo com o estudo específico) onde o ponto inicial representa “sem dor” e a extremidade final significa “dor insuportável”. Assim sendo, os sujeitos das pesquisas são instruídos a indicar a dor muscular que sentem dentro dos limites da escala.

Nosaka e Clarkson (1995) avaliaram a dor muscular após três séries de 10 repetições de contrações excêntricas para a musculatura flexora do cotovelo por nove dias. Esta avaliação foi feita através da extensão e da palpação da musculatura exigida,

assim a dor percebida era transposta para uma escala análoga-visual, contendo uma linha de 50 milímetros. Os resultados mostraram um aumento significativo da dor por meio da palpação e da extensão por até 4 dias após os exercícios excêntricos.

Newton e Nosaka (2002) novamente avaliaram a dor muscular ocorrida em oito estudantes homens destreinados após três séries de dez repetições excêntricas para a musculatura flexora do cotovelo durante cinco dias. Todavia essa mensuração foi feita através da extensão e da palpação da musculatura exigida, assim a dor percebida era transposta para uma escala análoga-visual, sendo composta por uma linha de 50 milímetros. Os resultados mostraram um aumento significativo da dor por meio da palpação e da extensão por até cinco dias após os exercícios excêntricos.

Chen e colaboradores, em 2010, avaliaram a dor muscular tardia através da escala análogo-visual causada por determinadas sessões de treino excêntrico. Nesse estudo utilizou-se de uma escala de 100 milímetros, na qual verificou-se que as sessões produziram sensações dolorosas até 120 horas após o término dos exercícios, porém, com uma diminuição constante de dor à medida que o efeito protetor estava presente.

Justificativa:

Atualmente, devido ao pouco tempo que os indivíduos reservam para a realização de atividades físicas, especialmente nas academias, a realização de uma série de exercício, ao invés de três séries como é feito de forma trivial, tornou-se um recurso bastante utilizado para ajustar o escasso tempo de permanência nas academias, com os objetivos visados pelos professores. Além disso, não foi encontrado até agora na literatura, nenhum estudo investigando o DM e as respostas agudas decorrente de um treinamento de força de uma e três séries sobre a musculatura do peitoral maior.

Problema da Pesquisa:

Considerando os argumentos referidos anteriormente propomos a seguinte questão: há diferença significativa no dano na musculatura do peitoral maior e tríceps braquial avaliados imediatamente, 24, 48, e 72 horas após a realização de uma ou três série de supino?

MATERIAIS E MÉTODOS

Definição Operacional das Variáveis:

Variáveis Independentes:

- O protocolo de exercício de força realizado com uma série.
- O protocolo de exercício de força realizado com três séries.

Variáveis Dependentes:

- O dano muscular.
- A dor muscular tardia.
- A espessura muscular.
- A amplitude articular.
- A média de torque de flexão horizontal de ombro.

Delineamento da Pesquisa:

O presente estudo é do tipo semi-experimental e tem o objetivo de observar a diferença no dano muscular decorrente de uma e três séries na musculatura do peitoral maior e tríceps braquial.

Questões Éticas:

O presente estudo foi previamente aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Amostra:

A amostra foi do tipo não-probabilística selecionada de maneira não intencional. A seleção da amostra ocorreu por meio de cartazes e anúncios colocados na Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EsEF/UFRGS). Para cálculo do “n” amostral utilizou-se como referência o estudo de Fujikake e colaboradores, em 2009, devido às semelhanças com o presente estudo.

O cálculo foi realizado através do programa PEPI versão 4.0, no qual foi adotado um nível de significância de $p \leq 0.05$, com um poder de 90%. Com base nos desvios-padrão e nas diferenças entre as médias obtidas no estudo acima citado, o cálculo realizado demonstrou a necessidade de um “n” de 15 indivíduos.

Até o presente momento obtivemos 8 sujeitos voluntários, que foram devidamente avaliados. Ao transcorrer do tempo, o estudo continuará com a finalidade de obtenção do “n” estabelecido.

Os sujeitos foram informados sobre os procedimentos metodológicos desta investigação, sendo-lhes posteriormente entregue um documento individual em que é manifestado o interesse em fazer parte da amostra, devendo esse ser assinado.

Critérios de Inclusão:

- Ser do sexo masculino.
- Ter de 20 a 30 anos.
- Possuir índice de massa corporal (IMC) de 20 a 24,9 kg/m².
- Não apresentar doença cardiorrespiratória e/ou neuromuscular que prejudique ou inviabilize a execução dos testes.

Protocolos de Avaliação:

Os indivíduos que participaram desse estudo compareceram à Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em dez diferentes dias de avaliação para as coletas de dados. Todos os dias de avaliação (1,2,3,4,5,6,7,8,9 e 10) ocorreram conforme a descrição a seguir:

1º dia: Foram apresentados os objetivos e os detalhes metodológicos do estudo e, posteriormente, solicitada a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e realizou-se uma sessão de familiarização do exercício de supino com cada sujeito.

2º dia: Realização da avaliação de medidas antropométricas, e execução de cinco tentativas para se obter o valor de uma repetição máxima de cada indivíduo.

3º dia: O sujeito realizou a US, a CIVM, a ADM e a EAV, para obtenção de sua condição pré-exercício. Após tal procedimento, o indivíduo fez, de forma randomizada, um dos protocolos de força seguido por uma nova avaliação pós-exercício de US.

4º dia: Cada sujeito realizou a US, a CIVM, a ADM e a EAV, após um período de 24 horas da realização do exercício.

5º dia: Cada sujeito realizou a US, a CIVM, a ADM e a EAV, após um período de 48 horas da realização do exercício.

6º dia: Cada sujeito realizou a US, a CIVM, a ADM e a EAV, após um período de 72 horas da realização do exercício.

(Entre o 6º e o 7º dia foi dado um período de descanso de 21 dias)

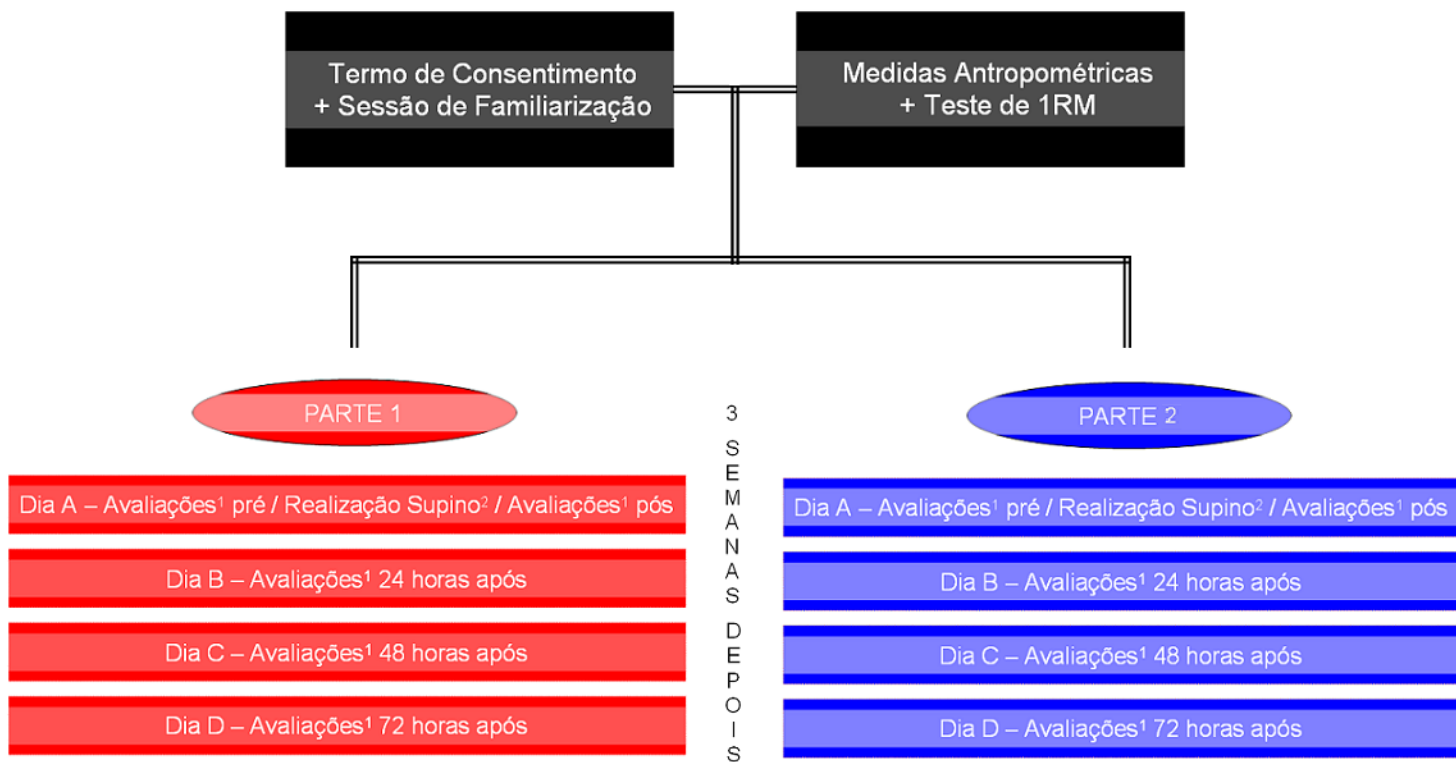
7º dia: O sujeito realizou a US, a CIVM, a ADM e a EAV, para obtenção de sua condição pré-exercício. Após tal procedimento, o indivíduo fez, de forma randomizada, um dos protocolos de força seguido por uma nova avaliação pós-exercício de US.

8º dia: Cada sujeito realizou a US, a CIVM, a ADM e a EAV, após um período de 24 horas da realização do exercício.

9º dia: Cada sujeito realizou a US, a CIVM, a ADM e a EAV, após um período de 48 horas da realização do exercício.

10º dia: Cada sujeito realizou a US, a CIVM, a ADM e a EAV, após um período de 72 horas da realização do exercício.

Desenho Experimental:



¹ US / CVMI / EAV / ROM

² Uma ou três séries de exercício (randomizado)

Teste de Uma Repetição Máxima:

A força muscular dinâmica foi determinada por meio do teste de uma repetição máxima (1 RM) para o exercício supino. O teste foi realizado com pesos livres e a resolução para todos os exercícios era de 1 kg. Para o controle do tempo de execução

de movimento durante o teste, utilizou-se um metrônomo QUARTZ e o tempo para as fases concêntrica e excêntrica foi de 2 e 4 segundos, respectivamente. Após a seleção da carga para cada indivíduo com base no peso corporal do indivíduo e coeficientes desenvolvidos em nosso laboratório, determinou-se a primeira carga teste. Após as primeiras tentativas, conforme o número de repetições realizadas, a carga foi redimensionada através dos valores propostos por Lombardi (1989) (Quadro 1). O teste foi novamente realizado para a verificação da carga e, se esta não for equivalente ao máximo do indivíduo, o mesmo procedimento seria repetido até que, no máximo, 5 tentativas fossem executadas. Os indivíduos familiarizaram-se com os exercícios anteriormente aos testes de força dinâmica.

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

Quadro 1 – constantes de estimativa de 1RM – adaptado de Lombardi (1989).

Contrações Isométricas Voluntárias Máximas:

As contrações voluntárias máximas isométricas (CIVM) foram executadas com a ação de flexão horizontal em um dinamômetro isocinético Cybex Norm (Ronkokoma NY), o qual foi calibrado de acordo com as instruções do fabricante. O ângulo articular de flexão horizontal do ombro utilizado foi o de 120° (BRUNNSTROM, 1987) e o de cotovelo de 180° (sendo que 180° refere-se ao ombro e cotovelo completamente estendidos), o ângulo articular do ombro e do cotovelo determinou-se através de um goniômetro (Carci, São Paulo, Brasil). As CIVM foram executadas de maneira unilateral e apenas com o membro superior dominante de cada sujeito (determinado pelo membro superior utilizado para elevar um objeto do solo). Os

sujeitos receberam instruções a fazerem a contração “tão rápido e forte quanto possível” (SAHALY *et al.*, 2001).

As CIVM foram executadas antes e imediatamente após a realização dos exercícios do supino, bem como, nas 24, 48 e 72 horas após a realização dos mesmos. Executaram-se duas contrações voluntárias máximas isométricas, realizadas por 5 segundos e um intervalo de 3 minutos foi respeitado entre elas para minimizar os efeitos da fadiga. No dia três, selecionou-se a CIVM de maior valor médio de torque produzido (em N.m) de cada indivíduo para a posterior normalização das posteriores CIVM executadas imediatamente após os protocolos de exercício. Essas, por sua vez, foram apresentadas em percentuais em relação ao valor da CIVM utilizada para a normalização, durante a avaliação do dia três (ver desenho experimental).

Protocolos de Treino:

Uma série:

Realizou-se uma série de supino reto com 12 repetições, com uma intensidade de 65% de 1RM, com o tempo de execução controlado em dois segundos de fase concêntrica e quatro segundos para a fase excêntrica. Um aquecimento de cinco minutos anteriormente ao protocolo foi executado.

Três séries:

Realizaram-se três séries de supino reto com 12 repetições, estabelecida uma intensidade de 65% de 1RM, com o tempo de execução controlado em dois segundos de fase concêntrica e quatro segundos para a fase excêntrica. Um intervalo de três minutos foi estabelecido entre cada série. Além disso, um aquecimento de cinco minutos anteriormente ao protocolo foi executado.

Composição Corporal:

Com a finalidade de descrever as características da amostra, avaliou-se na segunda sessão a massa corporal total, a estatura e as dobras cutâneas, sendo estas últimas conforme proposição de Heyward e Stolarczyk (2000). Foram mensuradas as dobras cutâneas tricípital, peitoral, subscapular, supra-ilíaca, abdominal, da coxa e axilar média. As dobras foram medidas de forma alternada, totalizando, no máximo, 3 medidas de cada dobra cutânea. Foi utilizado para tal, um adipômetro LANGUE. Posteriormente o

percentual de gordura estimado pela fórmula de Siri (*Apud* HEYWARD & STOLARCZYK, 2000).

Espessura Muscular:

Para a avaliação indireta do dano muscular causado pelo exercício mensurou-se a EM (NOSAKA e NEWTON 2002; NOSAKA *et al.*, 2002) do peitoral maior - partes clavicular e esternocostal - e tríceps braquial, as quais foram avaliadas por US (Philips, VMI, Indústria e Comércio Ltda. Lagoa Santa, MG, Brasil). Através dessa técnica, visualiza-se uma imagem no monitor do aparelho, e identifica-se o tecido muscular compreendido entre as interfaces com o osso e com o tecido adiposo, medindo a sua espessura com o cursor (GOMES *et al.*, 2010). Aplica-se um gel solúvel em água sobre o local da avaliação e posiciona-se um transdutor de 7,5MHz perpendicularmente à musculatura avaliada. Cuidados foram tomados para não causar pressão na pele além da causada pelo próprio transdutor.

O ponto para a avaliação da EM (marcados através de uma caneta dermatográfica) dos diferentes músculos analisados ocorreu da seguinte forma:

- Peitoral maior parte clavicular: 5 centímetros abaixo da terça parte entre a distância da borda medial da clavícula até a junção da clavícula com o acrômio.
- Peitoral maior parte esternocostal: 35% da distância entre a borda do esterno até a junção da clavícula com o acrômio.
- Tríceps Braquial: 60% da distância entre o epicôndilo lateral do úmero até o acrômio (MIYATANI *et al.*, 2000 e KAWAKAMI *et al.*, 2006).

Utilizou-se folhas de transparência para marcar o ponto de referência para a aquisição da imagem das musculaturas que foram avaliadas nos diferentes dias de coleta.

A EM foi mensurada antes, imediatamente após, 24, 48 e 72 horas após cada protocolo de exercício. Todas as imagens foram coletadas pelo mesmo avaliador.

Os dados de cada indivíduo foram posteriormente comparados, tendo como controle eles mesmos, com o objetivo de observar se houve diferença na EM causada pelos dois protocolos de treino.

Dano Muscular:

Avaliou-se o DM pela análise da *echo-intensity* das imagens obtidas por meio da US. Foram determinadas áreas de interesse conforme a musculatura avaliada (peitoral maior parte clavicular, peitoral maior parte esternocostal e tríceps braquial) e a partir daí calculou-se no *software Image J* a média de valores desta escala.

Dor Muscular Tardia:

Mensurou-se a dor muscular tardia através da escala visual de sensação subjetiva. Esta escala consiste em uma linha de dez centímetros onde em uma ponta (zero centímetros) representa “sem dor” e na outra extremidade (dez centímetros) corresponde a “muita, muita dor”. A partir disso, no momento da avaliação, os indivíduos foram instruídos a indicar o nível de dor nesta linha quando ocorrer a apalpação (de maneira padronizada) o músculo específico em questão e estender a articulação envolvida (CHEN *et al.*, 2010).

Instrumentos de Coletas de Dados:

Balança e Estadiômetro:

Balança de alavanca da marca Urano, modelo OS 180 A, com resolução de 10g. A estatura foi verificada por um estadiômetro inserido na balança com resolução de 5 mm.

Adipômetro:

Utilizou-se um adipômetro da marca Lange, com resolução de 1 mm e pressão constante de 10 g/mm².

Termômetro, Barômetro e Higrômetro:

Um conjunto composto de termômetro, barômetro e higrômetro foi utilizado para medir a temperatura ambiente, a pressão atmosférica e a umidade do ar nos dias de coleta de dados.

Folha de Transparência e Caneta para Retroprojeto:

Folhas de transparência da marca Kalunga foram utilizadas para o mapeamento do posicionamento dos pontos a serem mensurados (NARICI *et al.*, 1989). Para a marcação das folhas utilizou-se uma caneta para retroprojeto da marca *Pilot*.

Ultra-som:

Avaliou-se a EM por um ultra-som da marca Philips (Lagoa Santa, MG), com a utilização de um transdutor de 7 MHz.

Dinamômetro Isocinético:

As contrações musculares isométricas máximas e isocinéticas foram executadas em um dinamômetro isocinético da marca Cybex Norm (Ronkokoma, NY).

Análise Estatística:

Devido ao pequeno “n” amostral até o presente momento (8 sujeitos), não foi utilizada estatística inferencial para a comparação dos dados. Sendo assim os valores apresentados no presente projeto representam apenas uma análise descritiva dos dados coletados até agora. No entanto, esse projeto continuará sendo executado até que sejam coletados os dados referentes ao “n” amostral calculado de 15 indivíduos. A partir de então, para a análise dos dados coletados será utilizada estatística descritiva (Média e Desvio Padrão). Para verificar sua normalidade serão realizados os testes de Shapiro-Wilk, Skewness e Kurtosis. Caso os dados não apresentem normalidade será feito o procedimento de retirada de *outliers*, se necessário. Persistindo a não normalidade dos mesmos, por impossibilidade da utilização de estatística paramétrica, se recorrerá à estatística não paramétrica. Para analisar as diferenças nos marcadores indiretos de dano muscular nos períodos pré, imediatamente após, 24, 48 e 72 horas após será utilizada ANOVA de medidas repetidas, e o teste t pareado para a comparação entre os diferentes protocolos. O nível de significância utilizado em todos os procedimentos estatísticos será de 0,05, sendo estes realizados no *software* SSPS, versão 14.0 para Windows.

RESULTADOS:

Caracterização da Amostra:

A amostra desse estudo foi composta até o presente momento por 8 homens (21±2anos). Todos os sujeitos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e estavam cientes dos riscos e benefícios do presente estudo. Os dados de caracterização da amostra são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Caracterização da Amostra.

Variável	Média	Desvio Padrão
Idade (anos)	21	2,0
Massa Corporal Total (kg)	74,3	10,3
Estatura (cm)	175,6	6,8
Percentual de gordura (%)	16,9	9,7
1RM (kg)	50,2	10,7

Echo-Intensity:

Os valores de *echo-intensity* da musculatura peitoral maior - porção clavicular e esternocostal - bem como da musculatura do tríceps braquial, estão apresentados na Figura 4 (média ± desvio padrão), para as condições séries simples e séries múltiplas. Esses valores são referentes à média de todos os sujeitos para cada dia de avaliação (PÓS, 24HRS, 48HRS e 72HRS), sendo que o valor PRÉ foi relativizado como 100%.

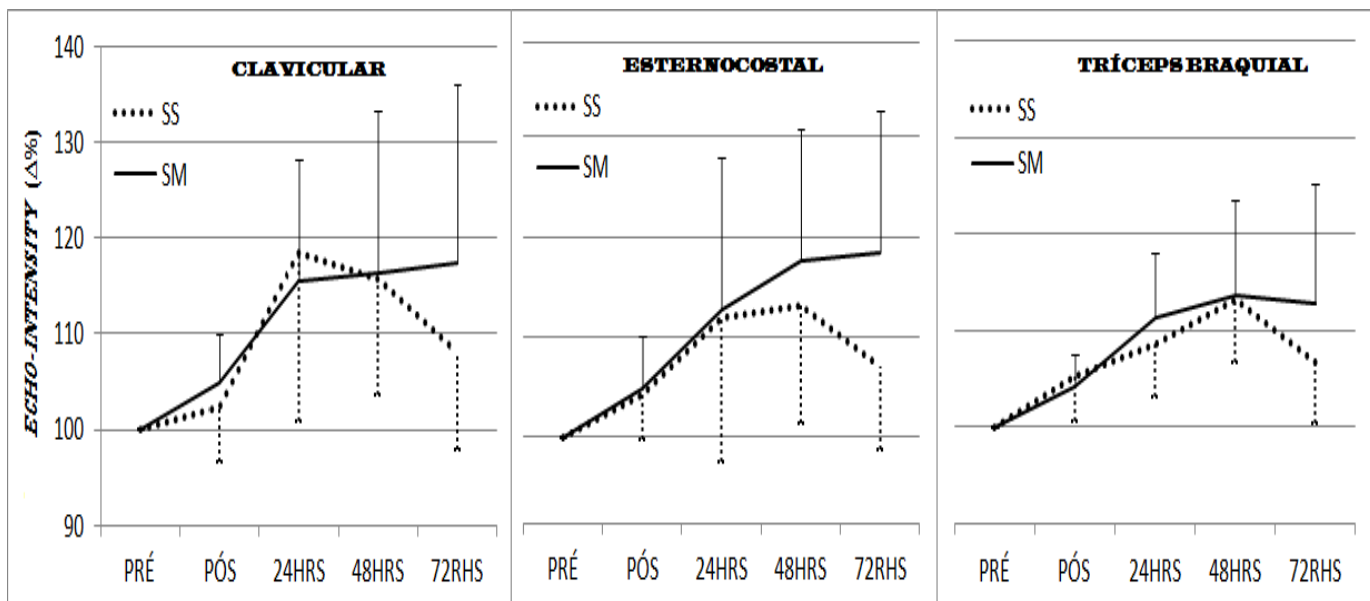


Figura 4 - Variações da *echo-intensity* relativas ao valor PRÉ ($\Delta\%$) do tríceps braquial e das diferentes porções do peitoral maior (clavicular e esternocostal). SS = Séries simples; SM = Séries múltiplas.

CIVM:

Os valores médios de torque produzido durante duas contrações isométricas máximas, avaliadas no Cybex, de flexão horizontal a 120° estão apresentados na Figura 7 (média \pm desvio padrão), para as condições séries simples e séries múltiplas. Esses valores são referentes à média de todos os sujeitos para cada dia de avaliação (PÓS, 24HRS, 48HRS e 72HRS), sendo que o valor PRÉ foi relativizado como 100%.

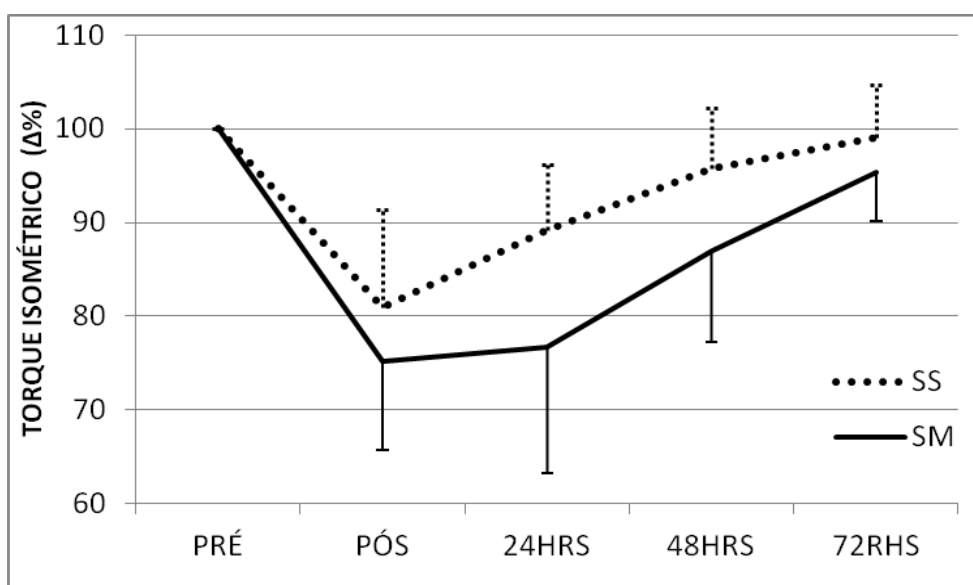


Figura 7 - Variações médias do torque isométrico relativas ao valor PRÉ ($\Delta\%$), mensuradas durante duas contrações isométricas máximas de flexão horizontal do ombro. SS = Séries simples; SM = Séries múltiplas.

Espessura Muscular:

As variações da EM relativas ao valor PRÉ ($\Delta\%$) do músculo peitoral maior - porção clavicular e esternocostal - bem como da musculatura do tríceps braquial, estão apresentados na Figura 3 (média \pm desvio padrão), para as condições séries simples e séries múltiplas. Esses valores são referentes à média de todos os sujeitos para cada dia de avaliação (PÓS, 24HRS, 48HRS e 72HRS), sendo que o valor PRÉ foi relativizado como 100%.

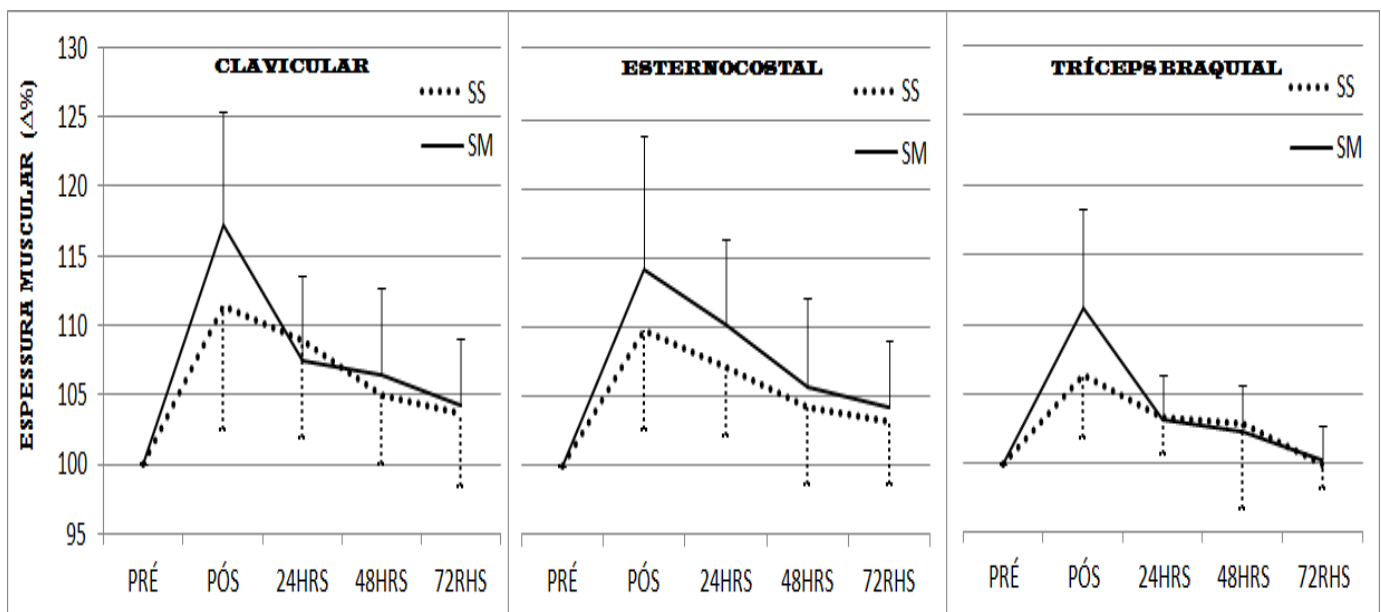


Figura 3 - Variações da EM relativas ao valor PRÉ ($\Delta\%$) do tríceps braquial e das diferentes porções do peitoral maior (porções clavicular e esternocostal). SS = Séries simples; SM = Séries múltiplas.

Dor Muscular Tardia - Palpação:

Os valores da dor muscular tardia, avaliadas pela palpação da musculatura do peitoral maior - porção clavicular e esternocostal - bem como da musculatura do tríceps braquial, estão apresentados na Figura 5 (média \pm desvio padrão), para as condições séries simples e séries múltiplas. Esses valores são referentes à média de todos os sujeitos para cada dia de avaliação (PÓS, 24HRS, 48HRS e 72HRS).

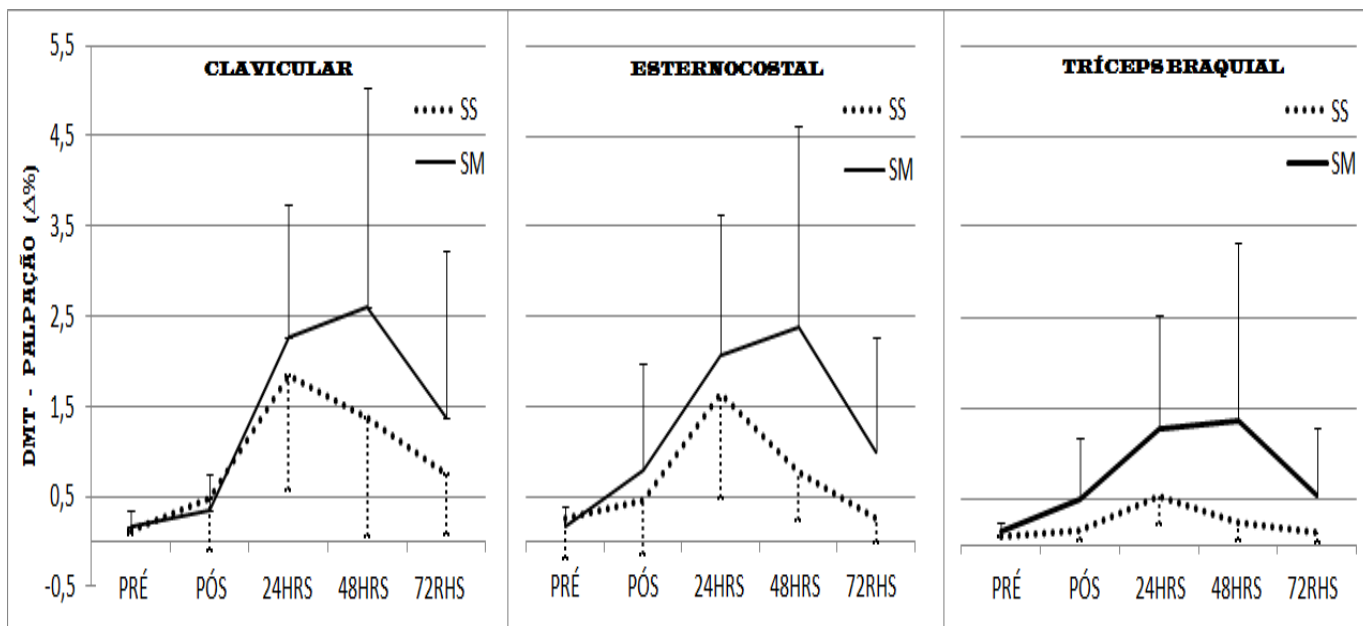


Figura 5 - DMT (palpação) do tríceps braquial e das diferentes porções do peitoral maior (clavicular e esternocostal). SS = Séries simples; SM = Séries múltiplas; DMT = dor muscular tardia.

Dor Muscular Tardia - Alongamento:

Os valores da dor muscular tardia, avaliadas pelo alongamento ativo da musculatura do peitoral maior - porção clavicular e esternocostal - bem como da musculatura do tríceps braquial, estão apresentados na Figura 6 (média \pm desvio padrão), para as condições séries simples e séries múltiplas. Esses valores são referentes à média de todos os sujeitos para cada dia de avaliação (PÓS, 24HRS, 48HRS e 72HRS).

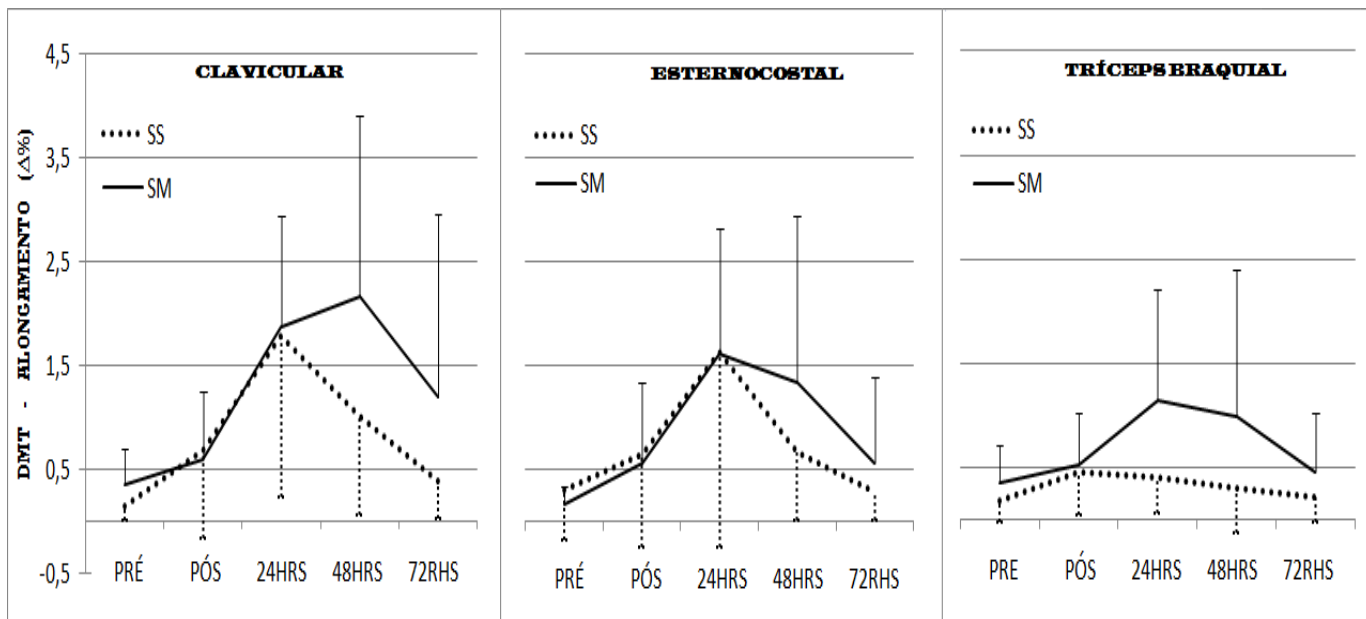


Figura 6 - Dor muscular tardia (alongamento) do tríceps braquial e das diferentes porções do peitoral maior (clavicular e esternocostal). SS = Séries simples; SM = Séries múltiplas.

Amplitude de Movimento:

Os valores da amplitude de movimento da articulação gleno-umeral no plano transversal estão apresentados na Figura 8 (média \pm desvio padrão), para as condições séries simples e séries múltiplas. Esses valores são referentes à média de todos os sujeitos para cada dia de avaliação (PÓS, 24HRS, 48HRS e 72HRS).

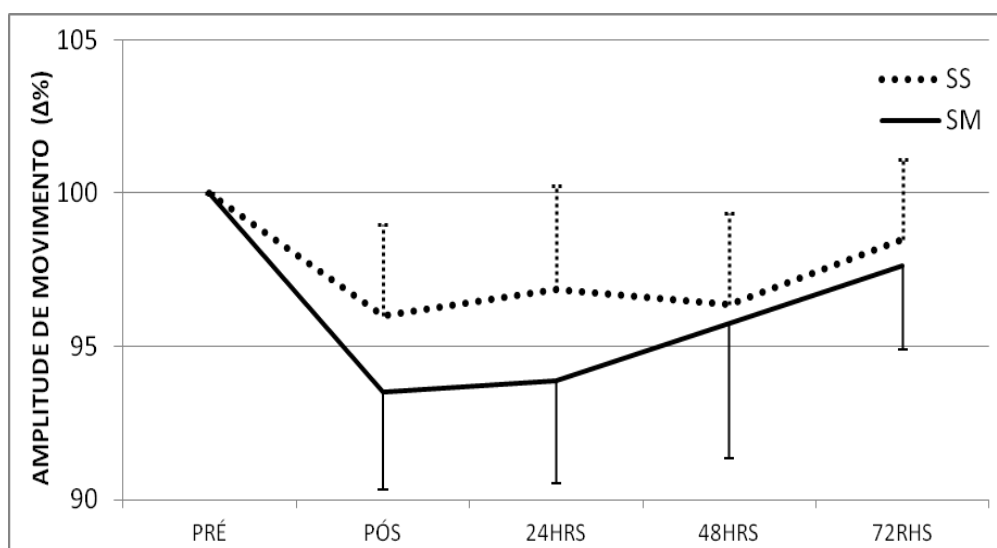


Figura 8 - Variações da amplitude de movimento relativas ao valor PRÉ (Δ%) da articulação gleno-umeral. SS = Séries simples; SM = Séries múltiplas.

DISCUSSÃO:

Os dados do presente estudo não sofreram análise estatística inferencial, portanto não é possível saber se as diferenças nas médias observadas entre as diferentes situações são ou não significativas. Mesmo assim levantaremos algumas hipóteses e especulações a partir dos presentes dados acerca da amostra estudada.

Echo-Intensity:

A elevação nos valores de *echo-intensity* tem sido referida na literatura como um dos indicadores mais fidedigno e reprodutíveis de DM após um protocolo de exercício (NOSAKA e CLARKSON, 1996; FUJIKAKE *et al.*, 2009; RADAELLI *et al.*, 2011b). O aumento na *echo-intensity* está provavelmente associado a um aumento no espaço intersticial entre as fibras, é resultado do edema muscular (FUJIKAKE *et al.*, 2009).

Os achados do presente estudo sugerem que 72 horas após o protocolo de exercício ainda foi observado uma elevação das variações (6-8%) da *echo-intensity* relativas ao valor PRÉ ($\Delta\%$) em todos os músculos analisados e em ambos os protocolos de exercício. Esse aumento, por sua vez, induz que um período de 72 horas seja insuficiente para recuperação completa do DM em todas as musculaturas analisadas da amostra. Esse aumento pode ser resultante da ocorrência do processo inflamatório e da síntese protéica (SMITH, 1991). Todavia, a elevação nos valores de *echo-intensity* das musculaturas analisadas foram menores em relação a outros estudos que analisaram o bíceps braquial (NOSAKA *et al.*, 2004; CHEN *et al.*, 2009). Essa diferença pode ter ocorrido em função do presente estudo ter utilizado um protocolo de exercício com menor volume e intensidade.

Embora muitos estudos optem por utilizar protocolos de ações excêntricas máximas (CLEAK e ESTON, 1992; NOSAKA *et al.*, 2004; CHEN *et al.*, 2009; CHEN *et al.*, 2010;), o protocolo utilizado neste estudo tem uma maior proximidade com o TF tradicional, devido ao volume utilizado e, sobretudo, pelas ações musculares excêntricas sub-máximas realizadas; que também são encontradas no estudo de Radaelli *et al.* (2011b), em que, mesmo tendo diferenciando a musculatura avaliada, os resultados se assemelham, mostrando que o principal diferenciador dos resultados foi a utilização de diferentes metodologias de treino e não o grupo muscular avaliado. Portanto, as ações excêntricas submáximas presentes no TF são capazes de induzir DM, mas em menor magnitude se comparadas às ações excêntricas máximas (NOSAKA e NEWTON, 2002).

Assim, os estudos que realizaram contrações excêntricas máximas podem não representar o real dano causado por uma sessão de TF.

É bem documentado que todos os tipos de ação muscular (excêntrica, concêntrica e isométrica) associadas ao TF causam DM. Entretanto alguns pesquisadores reconhecem que a ação excêntrica causa maior magnitude do mesmo (TRICOLI, 2001; BARROSO *et al.*, 2005; PROSKE *et al.*, 2001). Essa afirmação pode ser explicada pelo fato de que, para a mesma carga de trabalho, as ações excêntricas comparadas às concêntricas recrutam menor número de unidades motoras. Isso induzirá um estresse mecânico elevado nas fibras musculares, ocasionando uma maior tensão por área de secção transversa ativa (FOSCHINI, PRESTES e CHARRO, 2007). Além disso, o tecido conectivo é alongado, gerando uma maior tensão passiva sobre o citoesqueleto. O aumento da tensão às fibras ativas, somado ao aumento da tensão passiva do tecido conectivo é responsável por maior ocorrência de dano muscular em ações excêntricas do que concêntricas e isométricas (FRIDEN e LIBREN, 1992).

Além disso, analisando os resultados até agora encontrados nesse estudo, nota-se que, aparentemente, os valores da *echo-intensity* diferenciam-se entre séries simples e múltiplas especialmente nas 72 horas após a realização do exercício supino. Conseqüentemente, as séries múltiplas tendem a afetar mais o processo inflamatório e a síntese protéica (SMITH, 1991), mostrando que o tempo de recuperação entre os dois diferentes protocolos parece ser diferente devido à diferença de volume de treino.

CIVM:

A maior consequência do DM é a prolongada redução da capacidade de produção de força dos indivíduos, sendo assim, essa é utilizada como um indicador indireto de DM (WARREN, LOWE e ARMSTRONG, 1999; BYRNE, TWIST e ESTON, 2004). Segundo Friden e Lieber (1992) e Clarkson e Newham (1993), danos à fibra muscular após exercício, são normalmente atribuídos à desorganização na estrutura das fibras musculares, mais especificamente à ruptura, alargamento ou prolongamento da linha Z. Mchugh (2003) caracteriza a linha Z como sendo o ponto de contato das proteínas contráteis, fornecendo suporte estrutural para a transmissão de força quando as fibras musculares são encurtadas.

No presente estudo, parece haver uma redução na capacidade de produção de força em todos os momentos após ambos os protocolos de exercício (2-25%), sendo

similar aos dados encontrados em diversos estudos. Todavia, o presente estudo apresentou menores variações percentuais quando comparadas às observadas por outros autores (NOSAKA e NEWTON, 2002; RADAELLI *et al.*, 2011b). Novamente, essa diferença pode ter ocorrido em função do presente estudo ter utilizado um protocolo de exercício com menor volume e intensidade; visto que optamos por realizar algo mais próximo a realidade das metodologias utilizadas diariamente nas academias.

A maior queda da produção de força que supostamente ocorreu no presente estudo foi imediatamente após o exercício, indo ao encontro dos resultados encontrados em estudos (NOSAKA e NEWTON, 2002; RADAELLI *et al.*, 2011b), todavia isso não se deve exclusivamente ao DM, mas também à fadiga (RAASTAD e HELEN, 2000; PROSKE e MORGAN, 2001). Porém, a diminuição prolongada na capacidade de produção de força parece ser consequência do DM e do prejuízo ocorrido na relação excitação-contracção, em que menos Ca^{+2} é liberado do retículo sarcoplasmático por potencial de acção (PROSKE e MORGAN, 2001; ALLEN, 2001).

Ainda, nota-se uma possível diferença entre os valores das séries simples e múltiplas nos momentos após o exercício. A diminuição das variações da CIVM relativas ao valor PRÉ ($\Delta\%$) em todos os momentos, sugere que as séries múltiplas causam maior incremento no DM após a realização do exercício supino na amostra avaliada.

Espessura Muscular:

Em relação à EM, os resultados do peitoral maior (partes clavicular e esternocostal) sugerem um aumento das variações da EM relativas ao valor PRÉ ($\Delta\%$) em todos os momentos, atingindo o ápice no momento após o exercício supino. Esses resultados vão ao encontro dos achados por Radaelli e colaboradores (2011b), em que as diferenças significativas foram observadas desde o momento após o exercício e mantiveram-se durante as 72 horas seguintes, mesmo sendo diferentes em relação à realização de 4 séries de 10 repetições (a 80% 1RM, com a cadência de 2 segundos para cada fase do movimento) e a análise de diferentes grupos musculares (flexores do cotovelo). O aumento da EM sugere que um período de 72 horas foi insuficiente para que a amostra analisada tivesse a completa recuperação do dano muscular causado pela sessão de exercício na musculatura do peitoral maior. Esse aumento é citado na literatura como resultante da ocorrência do processo inflamatório e da síntese protéica (SMITH, 1991).

Já a musculatura do tríceps braquial, por sua vez, aparenta estar recuperada 72 horas após o protocolo realizado. Isso pode ser explicado pela maior ativação eletromiográfica da musculatura do peitoral maior do que da musculatura do tríceps braquial durante a realização do exercício supino (JÚNIOR *et al.*, 2007), sendo assim, a musculatura do peitoral maior seria a principal executante do exercício avaliado.

Ainda, nota-se uma possível diferença entre os valores das séries simples e múltiplas no momento após o exercício. Esse resultado sugere que as séries múltiplas causam maior incremento na EM logo após a realização do exercício supino na amostra avaliada, todavia o efeito nas horas subsequentes é similar aos resultados encontrados nas séries simples.

Assim sendo a EM, como marcadora indireta de DM, parece ser fidedigna, quando mensurada logo após o exercício, para indicar a magnitude do DM que irá ocorrer, todavia os valores subsequentes não sinalizam o seu exato comportamento nas horas seguintes, como observado na medida indireta mais fidedigna de DM (*echo-intensity*).

Dor muscular tardia – palpação e alongamento:

A dor muscular tardia (DMT) é caracterizada como uma sensação de desconforto na musculatura esquelética que ocorre algumas horas após o exercício físico, com determinada sobrecarga a qual não se está acostumado a realizar (TRICOLI, 2001).

Armstrong (1984) descreveu uma sequência de eventos, buscando uma explicação para a DMT (que reflete apenas uma das várias linhas de raciocínio para a DMT). Após um estresse mecânico, substâncias vasodilatadoras são liberadas pelo tecido lesado, em seguida, ocorrem adesão e migração de leucócitos do sangue para o local danificado. Nas primeiras horas, os neutrófilos iniciam a regeneração do tecido. Após 6 - 8 horas, monócitos migram para o local e no tecido são convertidos em macrófagos, liberando subprodutos (prostaglandinas, histaminas, cininas e potássio) - que ativam nociceptores profundos (ABAD *et al.*, 2010) - os quais são os possíveis sinalizadores da dor. Em conclusão, o autor associa a DMT ao processo inflamatório responsável pelo reparo do tecido danificado. O tempo entre o estímulo, liberação de subprodutos e a sinalização dos receptores de dor, pode explicar o surgimento tardio da dor. O mesmo autor acrescenta que além do processo inflamatório ser um provável estímulo à DMT, à necrose de algumas células, como resultado do influxo de cálcio após a lesão na membrana celular, também parece contribuir para a sinalização dos receptores de dor.

Assim sendo, a dor muscular tardia é utilizada como um indicador indireto de dano muscular (CHEUNG, HUME e MAXWELL, 2003; CHEN *et al.*, 2009) e seu pico geralmente é observado nos períodos de 24 a 48 horas após o exercício (CLARKSON, NOSAKA e BRAUN, 1992), o que parece ser confirmado com os dados desse estudo até o presente momento, em que os picos de dor, seja por palpação, seja por alongamento das musculaturas avaliadas, ocorreram nesse período de avaliação. Esses resultados também foram encontrados em outros estudos que avaliaram a dor muscular tardia por ambos os protocolos, mesmo tendo avaliado musculaturas diferentes e utilizando-se de contrações excêntricas máximas (NOSAKA, NEWTON e SACCO, 2002; NOSAKA e CLARKSON, 1995; NOSAKA e NEWTON, 2002; BEHM *et al.*, 2001). Contudo, nesses estudos, a DMT observada obteve valores mais altos comparados ao presente estudo, mostrando que a mesma parece ser influenciada pelo tipo de ação muscular, em que a ação excêntrica parece induzir efeitos mais exacerbados (FOSCHINI, PRESTES e CHARRO, 2007).

Nos resultados encontrados, observamos que os sujeitos tiveram recuperação da dor no período de 72 horas, embora os outros marcadores indiretos avaliados ainda indicarem dano muscular. Isso pode ser explicado pelo fato do nível da dor não refletir a magnitude completa do DM resultado pelo exercício (WARREN, LOWE e ARMSTRONG, 1999; NOSAKA, NEWTON e SACCO, 2002).

Novamente, nota-se uma possível diferença entre os valores de dor muscular tardia das séries simples e múltiplas nos momentos 24 e 48 horas após o exercício, justamente no momento em que usualmente ocorre o pico de dor, como citado anteriormente. Esse resultado sugere que as séries múltiplas causam maior incremento na DMT 24 e 48 após a realização do exercício supino na amostra avaliada.

É importante salientar que, embora a maioria dos estudos não relate, a DMT é um marcador subjetivo de dano muscular, desta forma, a percepção que o indivíduo tem sobre um determinado estímulo depende das suas vivências durante sua vida, das expectativas que ele possui sobre esse estímulo e das condições do ambiente no momento do experimento. Além disso, a sensação de dor depende da quantidade de receptores de dor presentes no indivíduo e da quantidade de sinalizadores de dor liberados após o exercício. Logo, a percepção de dor é uma característica pessoal e depende da resistência que cada indivíduo tem a ela (FOSCHINI, PRESTES e CHARRO, 2007).

Conforme os resultados encontrados até o presente momento, a DMT como marcadora indireta de DM, parece ser fidedigna, quando mensurada 24 e 48 horas após o exercício, para indicar a magnitude do DM que irá ocorrer, todavia os valores subsequentes não sinalizam o seu exato comportamento nas horas seguintes, como observado na medida indireta mais fidedigna de DM (*echo-intensity*).

Amplitude de Movimento:

Em relação à amplitude de movimento da articulação gleno-umeral os resultados sugerem uma diminuição das variações da amplitude de movimento relativas ao valor PRÉ ($\Delta\%$) em todos os momentos, atingindo o mínimo 24 e 48 horas após o exercício supino, coincidindo com os valores mínimos de produção de força e os valores máximos de DMT. Nos estudos encontrados na literatura, também há uma diminuição de amplitude articular para todos os valores após o protocolo de exercício. Todavia, nesses estudos, os valores mínimos de ADM ocorrem mais tardiamente, entre 48 e 72 horas após o exercício (NOSAKA e NEWTON, 2002; NOSAKA, NEWTON e SACCO, 2002). Isso pode ser explicado pelos diferentes protocolos utilizados por esses estudos que utilizam contrações máximas excêntricas e analisam diferentes musculaturas.

Ainda, verifica-se uma provável diferença entre os valores de ADM das séries simples e múltiplas nos momentos 24 e 48 horas após o exercício. Esse resultado sugere que as séries simples não são eficazes para causarem mudanças significativas na amplitude de movimento 24 e 48 após a realização do exercício supino na amostra avaliada. O mecanismo por trás da diminuição da amplitude de movimento não foi completamente elucidado, mas o encurtamento do tecido conectivo, ocorrido pelo inchaço e/ou pela contração espontânea das fibras musculares (contratura), e o aparecimento de edema muscular (FUJIKAKE *et al.*, 2009) têm sido postulados.

Assim sendo a ADM, como marcadora indireta de DM, parece ser fidedigna, quando mensurada 24 e 48 horas após o exercício, para indicar a magnitude do DM que irá ocorrer, todavia os valores subsequentes não sinalizam o seu exato comportamento nas horas seguintes, como observado na medida indiretas mai fidedigna de DM (*echo-intensity*).

CONCLUSÃO:

A partir das especulações feitas no presente estudo é de se esperar que 72 horas de recuperação após um protocolo de TF convencional não sejam suficientes para promover uma recuperação significativa dos músculos peitoral maior (parte clavicular e esternocostal) e tríceps braquial para indivíduos jovens destreinados em força. Os resultados prévios chamam a atenção para um possível cuidado com o período de recuperação entre as sessões, especialmente das séries múltiplas, no período inicial de treinamento.

A maioria dos resultados encontrados parecem diferenciar-se entre séries simples e múltiplas após a realização do exercício supino. Conseqüentemente as séries múltiplas tendem a afetar mais o processo inflamatório e a síntese protéica, mostrando que o tempo de recuperação entre os dois diferentes protocolos parece ser diferente devido à disparidade de volume de treino

Além disso, foi observado que os padrões temporais do desenvolvimento dos marcadores indiretos de DM (*echo-intensity*, CIVM, EM, ADM e DMT) apresentam comportamentos distintos. Dessa maneira, parece que alguns dos marcadores indiretos menos fidedignos de DM (CIVM, EM, ADM, DMT) refletem somente a magnitude do dano ocorrido, não mostrando por completo o seu exato comportamento nas horas seguintes, quando comparados a métodos indiretos mais fidedignos (*echo-intensity*).

Contudo é necessário ressaltar que essas conclusões são baseadas em especulações a partir de dados puramente descritivos. Os resultados e as conclusões definitivas somente serão realizados após o termino desse projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ABAD, C.C.C.; ITO, L.T.; BARROSO, R.; UGRINOWITSCH, C.; TRICOLI, V.; Efeito da massagem clássica na percepção de dor, edema, amplitude articular e força máxima após dor muscular tardia induzida pelo exercício. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Brasil, v.16, n.1, p.36-40, fev./2010.

ABE, T., DEHOYOS, D.V., POLLOCK, M.L., GARZARELLA L., Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. **European Journal of Applied Physiology**, Reino Unido, v.81, n.3, p.174-180, mar./2000

AHTIAINEN, J.P., HOFFREN, M., HULMI, J.H., MIKKO, P., MERO, A.A., AVELA, J., HAKKINEN, K., Panoramic ultrasonography is a valid method to measure changes in skeletal muscle cross-sectional area. **European Journal of Applied Physiology**, Reino Unido, v.108, n.2, p.273-279, set./2009

ALLEN, D.G.; Eccentric muscle damage: mechanisms of early reduction of force. **Acta Physiologica Scandinavica**, Escandinávia, v.171, p.311-319, mai./2001.

ARMSTRONG, R.B.; Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Estados Unidos da América, v.16, p.529-538, ago./1984.

ARTS, I.M.; PILLEN, S.; SCHELHAAS, H.J.; OVEREEM, S.; ZWARTS, M.J.; Normal values for quantitative muscle ultrasonography in adults. **Muscle Nerve**, Estados Unidos da América, v.41, p.32-41, 2010.

BARROSO, R.; TRICOLI, V.; UGRINOWITSCH, C.; Adaptações neurais e morfológicas ao treinamento de força com ações excêntricas. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, Brasil, v,13, n.2, p.111-122, 2005.

BEHM, D.G., BAKER, K.M., KELLAND, R., LOMOND, J., The effect of muscle damage on strength and fatigue deficits. ***Journal of Strength and Conditioning Research***, Reino Unido, v.15,n.2, p.255-263, ago./2001.

BEMBEN, M.G., Use of diagnostic ultrasound for assessing muscle size. ***Journal of Strength and Conditioning Research***. Reino Unido, v.16, n.1, p.103-108, mar./2002.

BLAZEVICH, A.J.; GILL, N.D.; DEANS, N.; ZHOU, S.; Lack of human muscle architectural adaptation after short-term strength training. ***Muscle Nerve***, Estados Unidos da América, v.35, p.78-86, jan./2007.

BRUNNSTROM, S.; ***Cinesiologia Clínica de Brunnstrom***. 4^a ed. São Paulo: Manole, 1987.

BYRNE, C.; TWIST, C.; ESTON, R.; Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage: theoretical and applied implications. ***Sports Medicine***, Londres, v.34, p.49-69, mar./2004.

CARPINELLI, R. N.; OTTO, R. M.; Strength training: single versus multiple sets. ***Sports Medicine***. Londres v.26, n.2, p.73-84, mar./1998.

CERNIGLIA, L.M.; DELMONICO, M.J.; LINDLE, R.; HURLEY, B.F.; ROGERS, M.A.; Effects of acute supine rest on mid-thigh cross-sectional area as measured by computed tomography. ***Clinical of Physiology and Functional Imaging***, v.27, p.249–253, set./2007.

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***. Reino Unido, v.102, n.3, p.992-999, mar./2007.

CHEN, T.,C., CHEN, H., LIN, M., WU, C., NOSAKA, K., Muscle damage responses of the elbow flexors to four maximal eccentric exercise bouts performed every 4 weeks.

European Journal of Applied Physiology, Reino Unido, v.106, n.3, p.267-275, ago./2009.

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***. Estados Unidos da América, v. 42, n.5, p.1004-1012, mai./2010.

CHEUNG, K.; HUME, P.A.; MAXWELL, L.; Delayed onset muscle soreness treatment strategies and performance factors. ***Sports Medicine***, Londres, v.33, p.145-164, jan./2003.

CLARKSON, P.M.; NOSAKA, K.; BRAUN, B.; Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. ***Medicine and Science in Sports and Exercise***. Estados Unidos da América, v. 24, n.9, p.512-520, set./1992.

CLARKSON, P.M.E.; NEWHAM, D.J.; Association between muscle soreness, damage, and fatigue. ***Advances in Experimental Medicina and Biology***, Estados Unidos da América, v.384, p.457-469, fev./1995.

CLEAK, M.J., ESTON, R.G., Muscle soreness, swelling, stiffness and strength loss after intense eccentric exercise. ***British Journal of Sports Medicine***, Londres, v.26, n.4, p.267-272, abr./1992.

DOXEY, G.E., The association of anthropometric measurements of thigh size and B-mode ultrasound scanning of muscle thickness. ***Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy***, Estados Unidos da América, v.8, n.9, p.462-468, set./1987.

ESFORMES, J.I., NARICI, M.V., MAGANARIS, C.N. Measurement of human muscle volume using ultrasonography. ***European Journal of Applied Physiology***, Reino Unido, v.87, n.1, p.90-92, mai./2002.

FOSCHINI, D.; PRESTES, J.; CHARRO, M.A.; Relação entre exercício físico, dano muscular e dor muscular de início tardio. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**. Brasil, v.9, n.1, p.101-106, jan./2007.

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

FRIDEN, J., LIEBER, R.L., Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. Estados Unidos da América, v. 24, p.521-530, jul./1992.

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**, Estados Unidos da América, v.35, n.4, p.687-696, nov./2009.

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**, Brasil, v.16, n.1, p.41-41, fev./2010.

HEYWARD, V.H., STOLARCZYK, L.M., **Avaliação da composição corporal aplicada**. 3ª ed. São Paulo. Manole: 2000.

ISHIDA, Y.; CARROLL, J.F.; POLLOCK M.L.; GRAVES, J.E.; LEGGETT, S.H.; Reliability of B-mode ultrasound for the measurement of body fat and muscle thickness. **American Journal of Human Biology**, Estados Unidos da América, v.4, n. 7, p.511-520, mar./1992.

JÚNIOR, V.A.R.; GENTIL, P.; OLIVEIRA, E.; CARMO, J.; Comparação entre a atividade EMG do peitoral maior, deltóide anterior e tríceps braquial durante os exercícios supino reto e crucifixo. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Brasil, v.13, n.1, p.51-54, fev./2007.

KAWAKAMI, Y., ABE, T., KANEHISA, H., FUKUNAGA, T., Human skeletal muscle size and architecture: variability and interdependence. ***American Journal of Human Biology***, Estados Unidos da América, v.18, n. 6, p. 845-848, nov./2006.

KRAEMER, W.J., RATAMESS, N.A., Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. ***Sports Medicine***. Londres, v.35, n.4, p.339-361, abr./2005.

LOMBARDI, V.P., Beginning weight training: the safe and effective way. Dubuque, Brown: 1989.

MAXWELL, L., CHEUNG, K. HUME, P.A., Delayed onset muscle soreness: treatment strategies and performance factors, ***Sports Medicine***. Londres, v.33, n.2, p.145-164, fev./2003.

McHUGH, M.; 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 & Science in Sports***, Escandinávia, v.13, p.88-97, mar./2003.

MIYATANI, M., KANEHISA, H., KUNO, S.; NISHIJIMA, T.; FUKUNAGA, T.; Validity of ultrasonograph muscle thickness measurements for estimating muscle volume of knee extensors in humans. ***European Journal of Applied Physiology***, Reino Unido, v.86, n.1, p.203-208, jan./2002.

MIYATANI, M.; KANEHISA, H.; ITO, M.; KAWAKAMI, Y.; FUKUNAGA, T.; The accuracy of volume estimates using ultrasound muscle thickness measurements in different muscle groups. ***European Journal of Applied Physiology***, Reino Unido, v.91, n.6, p.264-272, abr./2004.

MIYATANI, M.; KANEHISA, H.; ITO, M.; KAWAKAMI, Y.; FUKUNAGA, T.; The accuracy of volume estimates using ultrasound muscle thickness measurements in

different muscle groups. ***European Journal of Applied Physiology***, Reino Unido, v.91, n.6, p.264-272, abr./2004.

MURAYAMA, M., NOSAKA, K., YONEDA, T., MINAMITANI, K., Changes in hardness of the human elbow flexor muscles after eccentric exercise. ***European Journal of Applied Physiology***, Reino Unido, v.82, n.5, p.361-367, abr./2000.

NARICI, M., VROI, G., S., LANDONI, L., MINETTI, A., E., CERRETELLI, P., Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. ***European Journal Applied Physiology***. Reino Unido, v. 59, n.3, p.310-319, mar./1989.

NOSAKA, K., CLARKSON, P.M., Muscle following repeated bouts of high force eccentric exercise. ***Medicine and Science in Sports and Exercise***. Estados Unidos da América, v. 27, n.9, p.1263-1269, jul./1995.

NOSAKA, K., CLARKSON, P.M., Changes in indicators of inflammation after eccentric exercise of the elbow flexors. ***Medicine in Science and Sports and Exercise***, Estados Unidos da América, v.28, p.953-960, jan./1996.

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***. Escandinávia, v.12, n.6, p.337-346, mar./2002.

NOSAKA, K., NEWTON, M., Difference in the Magnitude of Muscle Damage Between Maximal and Submaximal Eccentric Loading. ***Journal of Strength and Conditioning Research***. Reino Unido, v.16, n.2, p.202-208, dez./2002.

NOGUEIRA, W., GENTIL, P., MELLO, S.N.N., OLIVEIRA, R.J., BEZERRA, A.J.C., BOTARRO, M., Effects of power training on muscle thickness of older men. ***International Journal of Sports Medicine***. Estados Unidos da América, v.30, n.3, p.200-204, mar./2009.

NOFSINGER, C., KONIN, J., Diagnostic Ultrasound in Sports Medicine Current concepts and advances. ***Sports Medicine Arthroscopy Review***, Austrália, v.17, n.1, p.25-30 mar./2009.

PINTO, R.S.; GOMES, N.; RADAELLI, R.; BOTTON, C.E.; BROWN, L.E.; BOTTARO, M.; Effect of range of motion on muscle strength and thickness. ***Journal of Strength and Conditioning Research***. Reino Unido, *ahead of print* /2011.

PROSKE, U., MORGAN, D.L.; Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. ***Journal of Physiology***, Estados Unidos da América, v.537, p.333-345, nov./2003.

RAASTAD, T., HALLEN, J.; Recovery of skeletal muscle contractility after high and moderate intensity strength exercise. ***European Journal Applied Physiology***. Reino Unido, v. 82, n.3, p.206-214, out./2000.

RADAELLI, R.; NETO, E.N.W.; MARQUES, M.F.B.; PINTO, R.S.; Espessura e qualidades musculares medidas a partir de ultrassonografia: influência de diferentes locais de mensuração. ***Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano***, Brasil, v.13, n.2, p.87-93, ago./2011a.

RADAELLI, R.; BOTTARO, M.; WILHELM, E.; WAGNER, D.; PINTO, R.; Time course of strength and echo intensity recovery after resistance exercise in women. ***Journal of Strength and Conditioning Research***. Reino Unido, *ahead of print* /2011b.

REEVES, N.D., NARICI, M.V., MAGANARIS, C.N. *In vivo* muscle structure and function: adaptations to resistance training old age. ***Experimental Physiology***. Reino Unido, v.89, n.6, p.675-689, fev./2004.

SAHALY, R., VANDEWALLE, H., DRISS, T., MONOD, H., Maximal voluntary force and rate of force developments in human – importance of instruction. ***European Journal of Applied Physiology***. Reino Unido, v.85, n.3, p.345-350, ago./2001.

SCHOLTEN, R.R.; PILLEN, S.; VERRIPS, A.; ZWARTS, M.J.; Quantitative ultrasonography of skeletal muscles in children: normal values. **Muscle Nerve**, Estados Unidos da América, v.27, p.693–698, ago./2003.

SMITH, L.L.; Acute inflammation: the underlying mechanism in delayed onset muscle soreness. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Estados Unidos da América, v.23, p.542-551, set./1991.

SOUZA, L.R., NICOLA, H., SZEJNFELD, J. **Ultra-sonografia de órgãos e estruturas superficiais**. 1ª ed. Porto Alegre. Roca: 2007.

STARKEY, D.B.; POLLOCK, M.L.; ISHIDA, Y.; WELSCH, M.A.; BRECHUE, W.F.; GRAVES, J.E.; Effect of resistance training volume on strength and muscle thickness. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Estados Unidos da América, v.28, p.1311-1320, ago./1996.

THOIRS, K., ENGLISH, C. Ultrasound measures of muscle thickness: intra-examiner reliability and influence of body position. **Clinical Physiology and Function Imaging**. Estados Unidos da América, v.29, n.6, p.440-446, jan./2009.

TRICOLI, V. Mecanismos envolvidos na etiologia da dor muscular tardia. **Revista Brasileira de Ciências e Movimento**. Brasil, v.9, n.2, p.39-44, abr./2001.

VASQUES, F.A.P. **Manual de Ultrasonografia em Obstetrícia e Ginecologia**. 2ª ed. São Paulo. Fundação Byk: 1997.

WARREN, G.L.; LOWE, D.A.; ARMSTRONG, R.B.; Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. **Sports Medicine**, v.27, p.43-59, mar./1999.

ANEXO 1

Termo de Consentimento Livre e Escalrecido

Eu, _____, portador do documento de identidade número _____, concordo em participar do estudo **“influência de uma e três séries do exercício supino nos marcadores indiretos de dano muscular”**, que envolverá exercícios de força e avaliação por Ultra-sonografia, mensuração de dor muscular tardia, espessura muscular, amplitude articular de movimento e capacidade de produção de força isométrica. Entendo que os testes que realizarei têm o objetivo de avaliar a influência de uma série e três séries do exercício no dano muscular.

Declaro estar ciente de que o estudo será desenvolvido durante dez encontros, sob a orientação do professor Ronei Silveira Pinto e pelo aluno de graduação Cristiano Cavedon Ughini e autorizo a realização dos seguintes procedimentos:

- Dispor-me a realização da ultra-sonografia do peitoral maior e tríceps braquial com o objetivo de avaliar a espessura muscular e o dano muscular, bem como da mensuração de dor muscular tardia, espessura muscular, amplitude articular de movimento e capacidade de produção de força isométrica antes e após os protocolos de exercício.

Eu entendo que durante os testes poderá haver riscos, desconfortos e cansaço muscular temporário. Há a possibilidade de mudanças anormais de minha frequência cardíaca e pressão arterial durante o período de testes. Contudo, entendo que posso interromper os testes e deixar o estudo a qualquer momento, sob meu critério. Entendo que tenho a liberdade de recusar a participar ou retirar o consentimento em qualquer fase do estudo, sem sofrer penalização ou prejuízo, e que não haverá compensação financeira pela minha participação no estudo, assim como no caso de surgimento de uma lesão física resultante diretamente de minha participação. Também entendo que os dados relativos à minha pessoa serão confidenciais e disponíveis somente sob minha autorização escrita. Caso sejam publicados, os dados não serão associados a minha pessoa.

Eventuais dúvidas serão esclarecidas através do telefone (51) 98787645 pelo aluno Cristiano Cavedon Ughini ou pelo professor Ronei Silveira Pinto (51) 84672441.

Entendo que, caso julgue ter havido a violação de algum dos meus direitos, poderei fazer contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS, pelo telefone (51)33083639. Estou ciente de que estará disponível uma linha telefônica para assistência médica de emergência 192, assim como o professor Ronei Silveira Pinto e o aluno Cristiano Cavedon Ughini se responsabilizarão por possível assistência pós testes, quando necessário.

Porto Alegre, _____, de _____, de _____

Participante: _____

Nome Completo: _____

Assinatura: _____