

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA

**EFEITOS AGUDOS DO EXERCÍCIO EXCÊNTRICO SOBRE AS
PROPRIEDADES MECÂNICAS, DOR E FUNCIONALIDADE DOS
MÚSCULOS EXTENSORES DE JOELHO EM IDOSOS
SAUDÁVEIS**

Dissertação de Mestrado apresentada
junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do
Movimento Humano da Universidade Federal do Rio Grande
do Sul para a obtenção do título de
Mestre em Ciências do Movimento Humano

Mariah Gonçalves dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Vaz

Porto Alegre, outubro de 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA

**EFEITOS AGUDOS DO EXERCÍCIO EXCÊNTRICO SOBRE AS
PROPRIEDADES MECÂNICAS, DOR E FUNCIONALIDADE DOS
MÚSCULOS EXTENSORES DE JOELHO EM IDOSOS
SAUDÁVEIS**

Mariah Gonçalves dos Santos

Porto Alegre, outubro de 2016

CIP - Catalogação na Publicação

Gonçalves dos Santos, Mariah
EFEITOS AGUDOS DO EXERCÍCIO EXCÊNTRICO SOBRE AS
PROPRIEDADES MECÂNICAS, DOR E FUNCIONALIDADE DOS
MÚSCULOS EXTENSORES DE JOELHO EM IDOSOS SAUDÁVEIS /
Mariah Gonçalves dos Santos. -- 2016.
54 f.

Orientador: Marco Aurélio Vaz.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Escola de Educação Física, Programa
de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano,
Porto Alegre, BR-RS, 2016.

1. Idosos. 2. Exercício Excêntrico. 3. Força. I.
Vaz, Marco Aurélio, orient. II. Título.

Mariah Gonçalves dos Santos

**EFEITOS AGUDOS DO EXERCÍCIO EXCÊNTRICO SOBRE AS
PROPRIEDADES MECÂNICAS, DOR E FUNCIONALIDADE DOS
MÚSCULOS EXTENSORES DE JOELHO EM IDOSOS
SAUDÁVEIS**

Comissão de Avaliação:

Prof. Dr. Eduardo Lusa Cadore – UFRGS

Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto – UFRGS

Prof. Dr. Fabio Yuzo Nakamura – UEL

Agradecimentos

A minha família, especialmente a minha mãe Maria, que, onde estiver, sei que estará sempre torcendo pela realização dos meus sonhos. Ao meu pai Luís, que agora segue ao meu lado, e é minha maior base para seguir em frente. Foi com vocês que aprendi os reais valores da vida.

A minha avó Irondina e madrinha Solema, que me acolhem diariamente e têm a calma e paciência para me ouvir e apoiar, como uma verdadeira família deve ser. À prima Roberta, a "irmã" que ganhei de presente aos 16 anos e que é uma das inspirações que me fazem querer ser o seu melhor exemplo.

Ao meu namorado Fernando Sousa, por seu amor incondicional, sua paciência, calma e por ser minha metade mais "racional", que tanto me completa. Obrigada pelo teu companheirismo em muitos finais de semana ensolarados dentro de casa estudando, criando rotinas e por toda a alegria que sempre trouxe a minha vida.

Aos grandes amigos que me acompanham desde a entrada na Universidade, Natália Goulart e Fernando Lemos, meus maiores incentivadores para seguir na carreira acadêmica. À Paula Finatto e Bruna Almada, colegas desde a iniciação científica, obrigada por todo apoio e amizade em nosso convívio diário. Aos amigos que o mestrado me trouxe, Anelize Cini e Jerônimo Rodrigues. Levarei todos vocês no meu coração para sempre.

Aos integrantes do GPBiC, e, principalmente ao meu orientador, Prof. Dr. Marco Vaz por todas as oportunidades, desde meu ingresso no grupo de pesquisa e por todos os ensinamentos ao longo dos últimos anos.

Aos professores Eduardo Cadore, Ronei Silveira Pinto e Bruno Baroni pelas contribuições, desde a elaboração do projeto até a avaliação final.

Aos funcionários do LAPEX, por toda prestação de serviços e auxílio nas atividades dentro desse setor tão importante da nossa escola.

Aos veículos de comunicação que auxiliaram na divulgação do meu projeto, em especial à Rede Pampa de Comunicação.

Resumo

O processo de envelhecimento se caracteriza por uma grande perda de massa muscular, processo esse chamado de sarcopenia. Esse processo acarreta em uma redução da área de seção transversa e do comprimento das fibras musculares, com redução da capacidade de produção de força máxima e da velocidade máxima de encurtamento, tornando as respostas musculares mais lentas entre a população idosa. O exercício excêntrico, por outro lado, pode devolver ao músculo mais rapidamente essas suas características estruturais perdidas a partir do aumento da espessura muscular e aumento do comprimento das fibras musculares. Entretanto, o exercício excêntrico máximo produz essas adaptações por meio de microlesões que, no caso dos idosos, poderia acarretar na necessidade de um tempo maior de recuperação entre os dias consecutivos de treinamento excêntrico, o que poderia retardar o processo desejado de rápida adaptação do sistema neuromuscular. Visto que há uma carência na literatura sobre estudos que analisem a temporalidade das adaptações agudas ao exercício excêntrico em idosos, o trabalho apresentado a seguir teve como objetivo principal analisar como a musculatura dos idosos responde a esse tipo de exercício de forma aguda, assim como analisar a temporalidade das adaptações musculares ao longo de 3 dias após a intervenção excêntrica. Além das propriedades mecânicas musculares como a força e potência, foram analisados outros indicadores do dano muscular, como a ecogenicidade e a dor muscular tardia. Para isso, um grupo de idosos saudáveis realizou uma sessão de exercício excêntrico em dinamômetro isocinético e, ao longo de 3 dias subsequentes, foram avaliados quais os efeitos dessa sessão de exercício sobre a dor muscular tardia, ecogenicidade, torque máximo isométrico, torque máximo excêntrico, torque total excêntrico e ângulo do pico de torque excêntrico. Como principais resultados encontramos maiores níveis de dor muscular tardia, redução nos níveis de força isométrica, torque máximo excêntrico, torque total excêntrico e trabalho total excêntrico. Não foram encontradas diferenças nas variáveis algometria de pressão, ecogenicidade e ângulo de pico de torque excêntrico. A presença dos sintomas de redução da força máxima isométrica e excêntrica, trabalho excêntrico e aumento da dor muscular tardia mesmo 72 horas após o exercício, sugere que, em programas de treinamento excêntrico seja respeitado um intervalo mínimo de 72 horas para que o nível de dano muscular não seja deletério em idosos sedentários.

Palavras-chave: idosos, exercício excêntrico, dano muscular, ecogenicidade.

Abstract

The aging process is characterized by a great loss of muscle mass, a process called sarcopenia. This process leads to a reduction in cross-sectional area and length of the muscle fibers, reducing the capacity of maximum power output and maximum shortening speed, making slower muscle responses in the elderly population. Eccentric exercise, on the other hand, can return quickly to the muscle their structural characteristics such as increasing muscle thickness and increasing the length of the muscle fibers. However, the maximum eccentric exercise produces these adjustments by means of microdamage, in the case of the elderly, would result in the need for a longer recovery time between consecutive days eccentric training, which could retard the desired process to rapidly adapt the neuromuscular system. Since there is a lack in the literature on studies that analyze the temporality of acute adaptations to eccentric exercise in the elderly, the presented study aimed to analyze how the muscles of older people respond to this type of exercise acutely, and to analyze temporality of the muscular adjustments over 3 days after the eccentric intervention. In the muscular mechanical properties such as strength and power were analyzed other indicators of muscle damage, such as echointensity, the DOMS. For this, a group of healthy elderly conducted an eccentric workout using an isokinetic dynamometer and over 3 subsequent days, were assessed what the effects of this workout on DOMS, echointensity, isometric maximum torque, eccentric maximum torque, eccentric total torque and angle of the peak eccentric torque. The main results found higher levels of DOMS, reduction in the levels of isometric strength, maximum eccentric torque, eccentric total torque and eccentric total work. No differences were found in the algometry variables, echointensity and peak angle cam torque. The presence of symptoms of reduced maximal isometric and eccentric force, eccentric work and increased DOMS even 72 hours after exercise, suggesting that in eccentric training programs is respected a minimum of 72 hours for the level of damage muscle is not deleterious in sedentary elderly.

Keywords: elderly, eccentric exercise, muscle damage, echointensity.

Lista de Figuras

Figura 1: Desenho experimental dos procedimentos realizados em cada dia de coleta.....	26
Figura 2: Dinamômetro manual	28
Figura 3: Ecógrafo e sonda linear.	29
Figura 4: Imagem de ecografia dos músculos RF e VM.....	30
Figura 5: Posicionamento do sujeito no dinamômetro isocinético	31
Figura 6: Torque Isométrico (CVM).	34
Figura 7: Pico de torque excêntrico..	35
Figura 8: Torque excêntrico total.	35
Figura 9: Trabalho total excêntrico.....	36
Figura 10: Ângulo de pico de torque excêntrico..	36
Figura 11: Escala analógica visual de dor (EAVD).....	37
Figura 12: Algometria de pressão.	37
Figura 13: Ecogenicidade do quadríceps.....	38
Figura 14: Variação da Ecogenicidade ao longo dos 4 dias de coleta.	38

Lista de Tabelas

Tabela 1: Características dos sujeitos avaliados.	33
--	----

Sumário

Agradecimentos.....	4
Resumo.....	5
Abstract	6
Lista de Figuras.....	7
Lista de Tabelas	8
Apresentação.....	11
Introdução.....	12
Justificativa.....	14
Problema	15
Objetivo Geral	16
Objetivos Específicos.....	16
Revisão de Literatura	16
Exercício Excêntrico.....	17
O Exercício Excêntrico e seus principais efeitos sobre a funcionalidade dos idosos.....	21
Hipóteses de Estudo.....	23
Métodos	23
Aspectos Éticos.....	23
Amostra.....	23
Critérios de Inclusão.....	24
Critérios de Exclusão	24
Cálculo Amostral	24
Variáveis	25
Dependentes	25
Independentes	25
Desenho Experimental	25
Procedimentos	25
Avaliação Antropométrica.....	26
Avaliação do Dano Muscular.....	27
Avaliação da Dor Muscular de Início Tardio.....	27
Avaliação da intensidade do sinal da imagem de ultrassonografia	28
Critérios para posicionamento da sonda	28
Ecogenicidade	29
Avaliação das propriedades mecânicas musculares	30

Protocolo de indução ao dano muscular	31
Análise Estatística.....	32
Resultados.....	33
Discussão.....	39
Conclusão	43
Direções Futuras.....	44
ANEXO 1	45
ANEXO 2	47
ANEXO 3	49
Referências.....	50

Apresentação

O objetivo inicial do presente trabalho foi analisar o efeito agudo da laserterapia de baixa potência sobre a dor muscular de início tardio, a ecogenicidade, a força muscular, torque máximo isométrico, torque excêntrico, torque máximo excêntrico e o trabalho total dos músculos extensores de joelho de idosos saudáveis após um protocolo excêntrico máximo. Entretanto, durante o período de coletas de dados com os sujeitos, ocorreram dois problemas técnicos com os equipamentos necessários para a realização do estudo conforme aprovado originalmente. O primeiro, foi uma avaria no aparelho de laserterapia Thor no meio da coleta de dados, o qual parou de funcionar, inviabilizando a continuidade da intervenção com laserterapia e seus possíveis efeitos recuperativos sobre as variáveis analisadas. O segundo, foi relacionado com problema na placa mãe do aparelho de NoBreak, adquirido recentemente para solucionar problemas de funcionamento do Dinamômetro Isocinético Biodex. O conserto da placa mãe levou quase três meses para conserto em São Paulo pela empresa responsável. Tendo em vista os prazos para finalização do projeto de dissertação, solicitamos prorrogação dos prazos para conclusão da dissertação e fomos obrigados a alterar o foco do estudo, que foi alterado no sentido de avaliar os efeitos agudos do exercício excêntrico nos períodos imediatamente após, 24, 48 e 72 horas e comparar com o período pré-intervenção.

Todas as análises apresentadas nessa dissertação foram realizadas apenas em um dos membros inferiores de cada sujeito, que corresponde ao lado que não recebeu nenhum tipo de intervenção com laserterapia. A partir da reformulação do trabalho, portanto, o principal objetivo foi o de avaliar como se dá a temporalidade das respostas musculares nos extensores de joelhos ao exercício excêntrico em idosos saudáveis.

As coletas foram realizadas no Setor de Plasticidade Neuromuscular, localizado junto ao Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança (ESEFID) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) no período entre maio e julho de 2016.

Introdução

O envelhecimento se caracteriza por uma perda sistemática de massa muscular chamada de sarcopenia (Doherty, 2003; Blazevich et al., 2006). A menor mobilidade é um fator decorrente desse processo e, conseqüentemente, são observados menores níveis de força produzida e uma menor qualidade de vida. Nessa perda de massa muscular há uma considerável redução do comprimento dos fascículos musculares, o que é conhecido como perda de tecido muscular em série. Além desse efeito em série, também há um efeito em paralelo, o qual ocorre devido à diminuição da área de seção transversa fisiológica (ASTF) e da espessura muscular (Hakkinen et al., 1998).

Outro mecanismo que determina a sarcopenia é a morte neuronal decorrente do processo natural de envelhecimento (Narici et al., 2003). Aparentemente, o envelhecimento determina uma morte neuronal predominante de motoneurônios de maiores dimensões, e que são aqueles que inervam as fibras de contração rápida. Em função dessa perda seletiva, as respostas musculares nos idosos se tornam mais lentas. Algumas dessas fibras musculares são reinervadas por outros motoneurônios menores, os quais inervam fibras de contração lenta (Cavanaugh et al., 1997). Assim, o idoso apresenta uma nova configuração do sistema neuromuscular com unidades motoras maiores, mas todas predominantemente de contração lenta. Essa lentificação predispõe o idoso a um maior risco de desequilíbrios e quedas, pois ele não consegue responder com a velocidade muscular necessária aos estímulos ambientais durante suas atividades de vida diária (Cavanaugh et al., 1997; Startzell et al., 2000).

Além disso, essa perda neuronal também pode afetar a capacidade de ativação muscular por parte do sistema nervoso central, a taxa de produção de força (Kraemer et al., 1999) e a capacidade de resposta rápida do idoso a situações de desequilíbrio (Cavanaugh et al., 1997). Essa redução na capacidade de ativação muscular é medida a partir da atividade eletromiográfica que também se encontra reduzida em idosos (Hakkinen et al., 1998).

É descrito na literatura que a maneira mais viável para aumentar a velocidade de resposta muscular nos idosos é combatendo os efeitos periféricos musculares ocasionados pela sarcopenia, como, por exemplo, aumentar o comprimento dos fascículos e promover a hipertrofia das fibras (e.g. Hakkinen et al., 1998). Assim, teremos um músculo com maior velocidade de contração devido ao aumento no número de sarcômeros em série (o que determina um maior número de unidades contráteis a se encurtar por unidade de tempo), e mais forte (em função do aumento do número de miofibrilas em cada fibra muscular – efeito em paralelo) (LaStayo et al., 2003). Nesse caso, o músculo se torna mais rápido por uma mudança estrutural promovida pela sarcomerogênese e não pela mudança nos tipos de fibras.

A sarcomerogênese nos idosos pode ser promovida através do exercício excêntrico. Nesse tipo de exercício há uma contração muscular durante o alongamento, a qual ocasiona microlesões musculares que servem de estímulo para o processo de regeneração celular e aumento do conteúdo contrátil tanto em série quanto em paralelo (Chen et al., 2011). A maior parte dos estudos na literatura se concentrou em analisar os efeitos crônicos do exercício excêntrico na capacidade de produção de força e potência muscular (Moritani e de Vries, 1979; Gabriel et al., 2006; Schoenfeld, 2010; Chen et al., 2011). Entretanto, para entender os mecanismos de ação desse tipo de exercício, também se faz necessário primeiro entendermos os mecanismos agudos decorrentes de uma sessão de exercício que promova o dano muscular.

Um dos efeitos deletérios do exercício excêntrico é o processo inflamatório iniciado imediatamente após o término da sessão. Esse processo é ocasionado por microlesões celulares e pode levar a alguns sintomas indesejados como dor muscular tardia (DMT), redução da força muscular, aumento da rigidez muscular, redução da amplitude de movimento e dificuldades para locomoção durante as atividades de vida diária (Cheung, et al., 2003; Clarkson e Hubal 2002; Morgan e Allen 1999; Proske e Morgan 2001). Esses sintomas podem perdurar por alguns dias e, por serem consideravelmente incômodos, poderiam reduzir a aderência de idosos, por exemplo, em programas de treinamento de força, e em especial de exercício excêntrico. Portanto, formas de minimizar esses efeitos do processo

inflamatório ocasionado pelas microlesões poderiam não apenas reduzir esse desconforto gerado pelo exercício excêntrico, mas também aumentar a aderência em programas de treinamento de força. Isso tornaria o trabalho excêntrico mais eficiente principalmente para indivíduos que precisam recuperar suas condições de saúde mais rapidamente como é o caso dos idosos (Cheung et al., 2003).

A fadiga muscular é um dos possíveis mecanismos que pode acarretar em microlesões, e técnicas que possibilitem aos profissionais um melhor entendimento sobre o comportamento da fadiga em nível intramuscular, podem ser importantes aliados em programas de treinamento para essa população.

Sendo assim, o presente projeto foi motivado para avaliar as adaptações neuromusculares provenientes do exercício excêntrico, o qual apresenta uma elevada aplicabilidade prática e pode ser útil para diferentes populações, mas em especial idosos que necessitam o incremento da força muscular em períodos de tempo reduzidos.

Justificativa

Conforme mencionado anteriormente, o processo de envelhecimento se caracteriza por uma grande perda de massa muscular (sarcopenia), com redução do comprimento das fibras musculares e redução da capacidade de produção de força máxima (Hakkinen et al., 1998). Em idosos com osteoartrite de joelho, por exemplo, essas perdas podem ser parcialmente recuperadas por meio da estimulação elétrica artificial dos extensores do joelho em posição alongada (Vaz et al., 2013). Entretanto, a sobrecarga mecânica da estimulação elétrica artificial geralmente é submáxima e acarreta em um maior tempo de intervenção para gerar as adaptações desejadas nos músculos esqueléticos de idosos.

O exercício excêntrico, por outro lado, pode devolver ao músculo mais rapidamente as suas características estruturais perdidas a partir do aumento do comprimento das fibras musculares e aumento da espessura muscular (Baroni et al., 2010). Entretanto, o exercício excêntrico máximo produz essas adaptações por meio de microlesões que, no caso dos idosos, pode se

constituir em um grau severo de microlesões em função das perdas seletivas decorrentes do envelhecimento, principalmente de fibras de contração rápida, responsáveis por gerarem grandes níveis de força e de potência. A predominância de fibras de contração lenta com o envelhecimento pode fazer com que o exercício excêntrico, por gerar maiores níveis de sobrecarga do que o exercício isométrico e concêntrico (segundo a relação força-velocidade), venha a produzir esse nível aumentado de microlesões nos músculos de idosos, aumentando a temporalidade do processo inflamatório e das etapas subsequentes de adaptação. Portanto, esse grau severo de microlesões pode acarretar na necessidade de um tempo maior de recuperação desses idosos ao treinamento excêntrico, assim como uma reestruturação de programas de treinamento de força em idosos que utilizam o exercício excêntrico.

No caso dos idosos, em que há a necessidade de redução da sarcopenia de forma rápida e ganho de massa muscular (em série e em paralelo), força máxima e potência, analisar como ocorre o processo adaptativo muscular pós-exercício excêntrico pode ser uma ferramenta importante para evitar um dano muscular excessivo. Além disso, existem evidências de que o exercício excêntrico aumenta a capacidade máxima de ativação muscular (Baroni et al., 2013), o que também seria salutar para os idosos em função da perda neuronal característica do envelhecimento.

Problema

O aumento da idade determina um processo crescente de sarcopenia com redução da mobilidade e conseqüente perda de liberdade em função de um adoecimento decorrente da redução do uso do sistema musculoesquelético e da capacidade de movimento. O exercício excêntrico pode ser usado para reduzir a sarcopenia, aumentar o comprimento de fibras musculares, aumentar a espessura muscular, aumentar a força e a velocidade de encurtamento muscular. Entretanto, esse tipo de exercício causa dano muscular, dor muscular tardia (DMT) e perda de força de forma aguda. Entretanto, não se conhece ainda como se dá a temporalidade das adaptações agudas em resposta ao exercício excêntrico em idosos. Em função disso, este trabalho buscou responder às seguintes questões:

- Qual a magnitude do dano muscular (medido por ecogenicidade), da perda da capacidade máxima de produção de força (isométrica e excêntrica), da dor muscular tardia, do trabalho total muscular realizado, do ângulo de produção de força máxima excêntrica, advindas de um protocolo de exercícios excêntricos?
- Qual a temporalidade desses danos musculares nas 72 horas seguintes a aplicação desse protocolo?

Objetivo Geral

Analisar os efeitos agudos de uma sessão de exercício excêntrico sobre marcadores de dano muscular induzido por exercício excêntrico nos extensores de joelho de indivíduos idosos saudáveis.

Objetivos Específicos

- Analisar o efeito agudo de um protocolo de exercício excêntrico sobre a ecogenicidade dos músculos reto femoral, vasto lateral e vasto medial, ao longo de 3 dias pós-exercício, em homens idosos saudáveis;
- Analisar o efeito agudo de um protocolo de exercício excêntrico sobre a DMT, imediatamente após e ao longo de 3 dias, em homens idosos saudáveis;
- Analisar o efeito agudo de um protocolo de exercício excêntrico sobre o torque isométrico, torque excêntrico, pico de torque excêntrico, ângulo de pico de torque excêntrico e trabalho total excêntrico ao longo de 3 dias pós-exercício, em homens idosos saudáveis.

Revisão de Literatura

A revisão de literatura apresentada nesse estudo está dividida em duas sessões principais. A primeira delas apresenta alguns estudos que relatam os efeitos do exercício excêntrico sobre as propriedades mecânicas musculares de idosos saudáveis. A segunda sessão tem como foco os principais efeitos do exercício excêntrico sobre a capacidade funcional dessa população.

Exercício Excêntrico

Atualmente, grande importância tem sido atribuída ao treinamento de força (ou treinamento resistido), tanto para o aprimoramento do desempenho de atletas quanto para a manutenção da saúde e reabilitação de lesões musculoesqueléticas na população em geral. O objetivo desse tipo de treinamento consiste basicamente em melhorar a capacidade funcional do músculo, ou seja, elevar a capacidade muscular de produção de força utilizando implementos que imponham resistência ao movimento voluntário do indivíduo (Kraemer et al., 2002). Essa adaptação funcional observada após um período de treinamento de força faz parte de um conjunto de adaptações neurais (relacionados à capacidade de ativação das unidades motoras) e morfológicas (relacionados à estrutura do músculo) (Moritani e de Vries, 1979). Parece existir um consenso na literatura de que os ganhos de força ocorridos nas primeiras semanas de treinamento são principalmente atribuídos aos fatores neurais (Gabriel et al., 2006), enquanto a adaptação morfológica é mais lenta e influencia de forma mais significativa a função muscular após 4-8 semanas de treino (Schoenfeld, 2010; Baroni et al., 2010).

Três diferentes tipos de ações musculares estão presentes na maioria dos exercícios de força, sendo elas a excêntrica, a concêntrica e a isométrica, as quais apresentam diferentes parâmetros fisiológicos, neurais e mecânicos (Meylan et al., 2008). Os exercícios excêntricos envolvem maior produção de força do que os outros tipos de ações musculares (ex. isométrico ou concêntrico) e, como resultado, favorecem o aumento da massa muscular e força, uma vez que geram maior sobrecarga mecânica para a unidade músculo-tendão (Higbie et al., 1996; Hubal et al., 2008).

Há pouco mais de três décadas que as contrações excêntricas foram avaliadas a partir da relação força-velocidade (Edman, 1988). Segundo esse estudo, o estiramento ativo de fibras musculares é capaz de gerar tensão ainda maior do que contrações isométricas ou concêntricas. Essa maior capacidade de geração de tensão em fibras durante contrações excêntricas (segundo a relação força-velocidade) é também observada na capacidade de geração de torque por grupos musculares *in vivo* (relação torque-velocidade). Essa maior

capacidade de geração de força se deve ao somatório da tensão gerada pelos elementos contráteis e não-contráteis das fibras musculares (Roig et al., 2009).

Do ponto de vista dos elementos contráteis, acredita-se em um comportamento diferenciado durante um estiramento ativo, no qual as pontes cruzadas estabelecidas entre os filamentos de miosina com os filamentos de actina são rompidas mecanicamente durante uma contração ao invés de ocorrer o desacoplamento fisiológico que ocorre em ações concêntricas e que é dependente da ligação de uma molécula de ATP à cabeça de miosina (Flitney et al., 1978).

Adicionado a esse fator, durante as contrações excêntricas, é possível observar a participação dos elementos elásticos, responsáveis pela geração de força passiva no músculo, o qual está sendo estirado ativamente (Reeves e Narici, 2003; Guilhem et al., 2010). Os elementos elásticos incluem os tecidos conectivos presentes nas extremidades do músculo (tendões) e os que envolvem os diferentes níveis estruturais do ventre muscular (fáscia, epimísio, perimísio e endomísio).

Além desses elementos elásticos, proteínas em nível sarcomérico também estão entre as estruturas elásticas geradoras de força passiva. Dentre essas proteínas está a titina, que desempenha um importante papel na geração de força elástica com intuito de evitar o afastamento entre linha Z e linha M dentro do sarcômero. Novas evidências têm demonstrado que a titina é sensível ao cálcio e aumenta sua resistência ao estiramento quando em presença de cálcio, proporcionando assim ao músculo uma maior capacidade de produzir força quando o mesmo é estirado ativamente ou durante uma contração excêntrica (Herzog et al., 2012; Herzog, 2014).

Sabe-se que durante ações excêntricas há um menor recrutamento de unidades motoras (evidenciado pela menor magnitude do sinal eletromiográfico durante as ações musculares excêntricas), o que determina uma maior força aplicada por unidade de área. Como a adição da força passiva durante ações excêntricas reduz o recrutamento de unidades motoras pelo sistema nervoso central, as unidades motoras compostas de fibras musculares de contração rápida parecem ser as que mais sofrem dano muscular em função de

aparentemente sofrerem uma maior sobrecarga mecânica por estarem inativas ou em nível submáximo de recrutamento. Isso favorece o aparecimento de dano muscular e dor muscular de início tardio em ações excêntricas de forma mais acentuada quando comparado com outras formas de ação muscular (Brandenburg et al., 2002; Byrne et al., 2004; Hackney et al., 2008; Howatson et al., 2008; Kendal et al., 2002; Tee et al., 2007).

O exercício excêntrico provoca dano muscular em indivíduos não habituados a este tipo de exercício (Clarkson e Hubal, 2002). O exercício excêntrico é capaz de provocar microlesões, pois a realização de força durante o alongamento muscular provoca o desacoplamento mecânico das proteínas de miosina e actina, provocando rompimentos na linha Z dos sarcômeros (Fridén e Lieber, 2001). Este processo pode se estender por áreas adjacentes, ocasionando rompimentos em membranas celulares, retículo sarcoplasmático, túbulos T, sarcolema e tecido conectivo (McHugh, 2003). Desta forma, estes processos determinam uma redução da capacidade de geração de força muscular e da amplitude de movimento, dor muscular de início tardio, aumento da circunferência de membro, aumento da ecogenicidade e da atividade sanguínea de proteínas como a creatina quinase (CK) e a mioglobina (Clarkson e Hubal, 2002; Chen et al., 2011). A modificação destas variáveis, denominadas marcadores indiretos de dano muscular, reflete a magnitude do dano muscular induzido pelo exercício excêntrico, aumentando o risco de lesões (Cheung et al., 2003) no período subsequente à realização do exercício excêntrico causador desse dano muscular.

Por outro lado, vários autores descrevem que as ações excêntricas promovem menor estresse cardiovascular, menor consumo de oxigênio, menor recrutamento de unidades motoras e menor ativação neural, apesar de proporcionarem uma execução do treino de força com cargas mais altas em relação a outros tipos de ação muscular (Lastayo et al., 1999; Lindstedt et al., 2001; Vallejo et al., 2006; Tee et al., 2007).

Sabe-se que o processo de envelhecimento atua de forma expressiva no processo degenerativo das funções musculoesqueléticas. Esse declínio de funções é causado principalmente pela atrofia muscular, que acaba afetando

de forma negativa a realização das atividades de vida diária do idoso (Cadore et al., 2014). O exercício excêntrico poderia proporcionar uma maior adesão aos programas de exercício físico e reabilitação, pois a menor sobrecarga cardíaca, metabólica e neuromotora, somado ao aumento da força e massa muscular gerado pelas ações excêntricas, favoreceria indivíduos com baixos valores de força e assim como também portadores de doenças crônico-degenerativas (Keeler et al., 2001; Roig et al., 2010).

Alguns estudos que analisaram os efeitos agudos do exercício excêntrico em idosos, avaliaram os principais marcadores de dano muscular e o tempo de recuperação dessas variáveis até seus níveis pré-exercício (Hakkinen, 1995; Chapman et al., 2008). O estudo de Hakkinen (1995) avaliou os efeitos da realização de contrações excêntricas máximas de extensores de joelho, durante o exercício de leg-press, sobre a taxa de produção de força, força isométrica bilateral máxima e máxima ativação muscular em 8 mulheres idosas fisicamente ativas. Em média, os valores das variáveis retornaram aos níveis de base após 48 horas, com exceção da ativação muscular máxima.

O tipo de músculo avaliado através de exercício excêntrico também parece ter influência na velocidade de recuperação aos seus valores basais, assim como também em relação ao tipo de variável analisada. No estudo de Chapman et al. (2008) foram avaliados 10 homens idosos em exercício excêntrico dos flexores de cotovelo. A ativação muscular máxima, amplitude de movimento e a dor muscular tardia só retornaram aos níveis pré-exercício após um período de 96 horas. Em contrapartida, as enzimas marcadoras de dano muscular avaliadas (CK e LDH) e a intensidade do sinal de ultrassom não se alteraram de maneira significativa, o que pode sugerir que uma musculatura menor pode não produzir um dano sistêmico quando comparada a músculos maiores (e.g. quadríceps). Já outros marcadores indiretos de dano muscular desse mesmo estudo, como a espessura muscular e a circunferência do braço, não se recuperaram 96 horas após o exercício excêntrico.

Outro fator relevante a ser considerado ao avaliar os efeitos agudos de uma sessão de exercício excêntrico é o seu "efeito protetor", o que evidencia a alta adaptabilidade do sistema muscular a esse tipo de exercício. Clarkson e

Dedrick (1988) já demonstraram que os níveis de CK e dor muscular tardia não se alteraram de maneira significativa após uma segunda sessão do mesmo exercício. Outros indicadores de dano, como a amplitude de movimento, também retornaram aos níveis basais mais rapidamente quando comparados à primeira sessão.

O Exercício Excêntrico e seus principais efeitos sobre a funcionalidade dos idosos

O principal efeito do envelhecimento sobre o sistema muscular de idosos, a sarcopenia, mostra-se um fator determinante para uma boa funcionalidade e a conseqüente melhor qualidade de vida de idosos. Todo o processo de sarcopenia, que é resultante basicamente da perda seletiva de fibras musculares rápidas, ocorre devido a uma morte neuronal, que acaba por deixar essa musculatura mais lenta em função das perdas de fibras musculares tanto em série quanto em paralelo (Cavanaugh et al., 1997; Startzell et al., 2000).

No caso dos idosos, em que há a necessidade de redução da sarcopenia de forma rápida e ganho de massa muscular (em série e em paralelo), força máxima e potência, analisar como ocorre o processo adaptativo muscular pós-exercício excêntrico pode ser uma ferramenta importante para evitar um dano muscular excessivo. Além disso, existem evidências de que o exercício excêntrico aumenta a capacidade máxima de ativação muscular (Baroni et al., 2013), o que também seria salutar para os idosos em função da perda neuronal característica do envelhecimento.

Dentre as variáveis analisadas, podemos citar a capacidade de produção de força muscular como uma das variáveis mais afetadas negativamente na população idosa. Além disso, um programa de treinamento excêntrico pode aumentar a massa muscular, a força, a potência e a mobilidade, servindo como um fator de proteção para aqueles idosos que ainda não estão em alto risco de quedas (LaStayo et al., 2014).

O estudo de LaStayo (2003) demonstrou um aumento de 60% no pico de torque isométrico de extensores de joelho em um treinamento com

cicloergômetro excêntrico em idosos frágeis. Após 11 semanas de treinamento, quando comparados ao grupo de treino de força concêntrico convencional, a área de secção transversa do músculo vasto lateral também resultou em um aumento de 60% no grupo excêntrico *versus* 41% no grupo de força tradicional. Além disso também foram encontradas melhoras no equilíbrio (7%), na habilidade de descer escadas (21%) e no *Time to Up and Go Test* (TUG), o que demonstra um resultado positivo na melhora das capacidades funcionais. Dentre todas essas capacidades podemos citar o equilíbrio como uma das mais importantes, pois aliando força e equilíbrio, esses idosos poderão responder de maneira mais rápida a desequilíbrios, evitando assim a possibilidade de quedas e fraturas.

Além da sarcopenia, a qualidade muscular é outra variável comumente avaliada e relacionada com a força muscular (Radaelli et al., 2012, Watanabe et al., 2013), demonstrando uma relação inversa entre ecogenicidade e a produção de força muscular. Esse método de avaliação indireta do dano muscular é relativamente novo e, geralmente, alterações na ecogenicidade não são observadas nas primeiras 24 horas após o término do exercício, diferentemente da força e da rigidez muscular, que ocorrem devido a diferentes sistemas. Enquanto a rigidez muscular ocorre devido à hiperemia muscular, a queda de produção de força ocorre devido a fatores neurais e metabólicos, como a redução da creatina-fosfato e aumento da concentração de fosfato inorgânico e de íons hidrogênio. Com o avanço da idade, estudos mostram uma correlação negativa entre força muscular e ecogenicidade (Watanabe et al., 2013). Isso também se deve ao aumento de gordura e tecido conectivo intramuscular. Adicionalmente a isso, a qualidade muscular está correlacionada positivamente ao equilíbrio e a testes funcionais, como subir e descer escadas, TUG e caminhada com e sem obstáculos (Misic et al., 2007), mostrando-se um bom preditor de capacidade funcional para a população idosa.

De acordo com a literatura revisada, não parece claro como se comporta a magnitude, a evolução e a recuperação do dano muscular de forma aguda na população idosa após um protocolo de exercício excêntrico.

Hipóteses de Estudo

De acordo com os estudos relatados na introdução e na revisão de literatura sobre os efeitos de uma sessão de exercício excêntrico, esperamos observar o seguinte comportamento das propriedades neuromusculares analisadas:

- A presença de dano muscular (observada através da ecogenicidade) e de dor muscular tardia (observada através de escala visual de dor e dinamometria de pressão) do período pré-exercício excêntrico para os períodos pós-exercício excêntrico (24h, 48h e 72 h pós-exercício).
- Redução do torque máximo isométrico e excêntrico, do trabalho total dos extensores do joelho, com retorno gradativo a valores pré-exercício 72 horas após o exercício excêntrico.

Métodos

Aspectos Éticos

O presente projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) visando adequação de sua metodologia à resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde sobre pesquisa envolvendo seres humanos (CAAE: 52191315.0.0000.5347; Parecer: 1.464.309). Os indivíduos participantes receberam um termo de consentimento informado (Anexo 1) explicando sobre os riscos e benefícios da participação no estudo, bem como os protocolos aos quais foram submetidos.

Amostra

A amostra foi composta de 11 sujeitos do sexo masculino idosos (entre 60 e 75 anos). Todas as avaliações foram realizadas no Setor de Plasticidade Neuromuscular do Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Uma entrevista foi feita para verificar a adequação aos critérios de inclusão e exclusão. Todos os participantes do estudo assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 1) concordando em participar do estudo.

Critérios de Inclusão

Indivíduos idosos fisicamente ativos e que não estivessem engajados em nenhum programa de treinamento de força por pelo menos 6 meses anteriormente ao período de início das coletas.

Critérios de Exclusão

Indivíduos idosos praticantes de treinamento de força, ou que possuíssem qualquer condição musculoesquelética, respiratória, cardiovascular, renal, neurológica e/ou cognitiva que impedisse a realização dos procedimentos. Também foram excluídos da amostra os sujeitos que, porventura, não compareceram aos dias subsequentes ao primeiro dia de coleta.

Cálculo Amostral

Tendo em vista que o treinamento excêntrico é reconhecido como um método de grande eficácia para o incremento da capacidade de produção de força muscular (Roig et al., 2009), e que esta adaptação funcional é que conduz aos benefícios mais importantes do ponto de vista clínico, a capacidade de geração de torque máximo isométrico foi a variável escolhida para determinar o tamanho amostral, utilizando-se como base os resultados do estudo de Baroni et al. (2010), que apresenta configuração semelhante ao presente trabalho. Estudos prévios envolvendo treinamento excêntrico de indivíduos idosos saudáveis em condições isocinéticas apresentam pouca variação no número de participantes. Estes trabalhos utilizaram grupos entre 10 a 11 participantes (Chapman et al., 2008; Häkkinen et al. 1998).

Assim, tendo em vista a pequena discrepância do número de sujeitos utilizados pelos estudos com treinamento excêntrico, foi realizado o cálculo amostral, utilizando como principal variável de desfecho o torque máximo isométrico, por meio da seguinte fórmula: $N = (1,96^2 \times \sigma^2) \div (0,1 * M)^2$; onde N é a amostra, σ é o desvio-padrão (47,07Nm) e M é a média da variável (torque isométrico) obtida de um estudo com método similar (283,98Nm), resultando assim em um N=10,54. Desta forma, foi estabelecido que o número de sujeitos deveria ser igual a 11 participantes.

Variáveis

Dependentes

Torque muscular (isométrico e excêntrico), trabalho total, ângulo de pico de torque excêntrico, dano muscular (ecogenicidade) e dor muscular tardia.

Independentes

Exercício excêntrico em dinamômetro isocinético.

Desenho Experimental

Este estudo caracteriza-se como ensaio clínico quase-experimental, com medidas repetidas intra-sujeitos, para verificar o efeito agudo de um protocolo de exercício excêntrico sobre marcadores indiretos de dano muscular nos músculos vasto lateral, reto femoral e vasto medial.

Procedimentos

Cada voluntário realizou 4 visitas ao laboratório, separadas por um período de 24h de intervalo entre cada dia de coleta.

A primeira sessão iniciou pela entrevista para coletar os dados pessoais de cada voluntário, avaliar histórico de lesões e nível de atividade física através do questionário IPAQ (Anexo 2), explicar toda a metodologia durante os dias de testes, sanar possíveis dúvidas e assinar o termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo 1). Logo após, cada sujeito foi submetido, nessa ordem, a:

1. Avaliação antropométrica e de nível de atividade física através do questionário IPAQ;
2. Avaliação de dano muscular por Ecogenicidade de imagens de ultrassom e escala de dor através da escala visual de dor (EAVD) e dinamometria de pressão (algometria);
3. Familiarização com avaliação da capacidade máxima de produção de força a partir de contração voluntária máxima isométrica (CVM) e de contração voluntária máxima isocinética;

4. Avaliação da capacidade máxima de produção de força a partir de contração voluntária máxima isométrica (CVM) e de contração voluntária máxima isocinética;
5. Protocolo de exercício excêntrico em dinamômetro isocinético;
6. Avaliação do torque máximo isométrico e isocinético, e da EAVD.

Os procedimentos 1 a 6 foram realizados no primeiro dia de avaliação na ordem em que foram apresentados. Nos dias subsequentes de coletas (24h, 48h e 72h após o primeiro dia), os sujeitos retornaram ao laboratório para avaliação da ecogenicidade, função muscular (CVM isométrica e excêntrica), e avaliação da dor no músculo quadríceps (Figura 1).

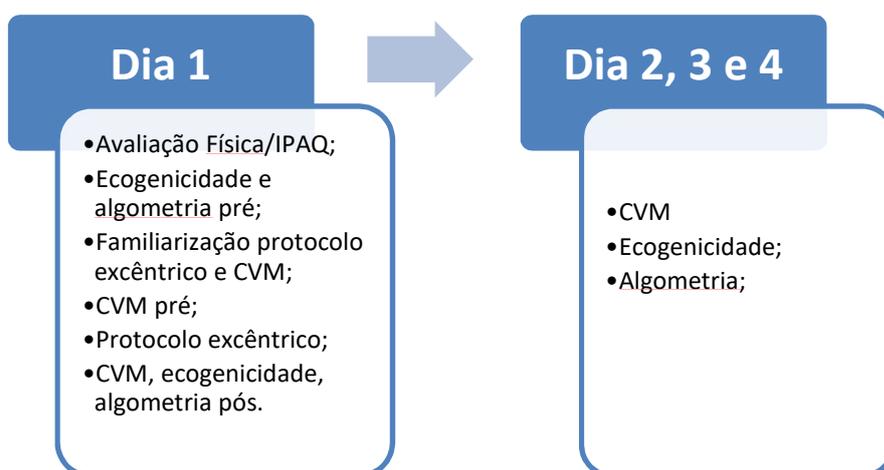


Figura 1: Desenho experimental dos procedimentos realizados em cada dia de coleta.

Avaliação Antropométrica

A massa corporal foi mensurada por meio de balança antropométrica (marca Filizola, São Paulo, Brasil; precisão de 100g), e a estatura medida por meio de um estadiômetro, com precisão de 5 mm, acoplado à balança. O Índice de Massa Corporal (IMC) foi calculado por meio do coeficiente entre massa corporal e a estatura ao quadrado, e expresso em kg/m^2 . Um compasso de dobras da marca Cescorf (São Paulo, Brasil), com precisão de medida equivalente a 0,01 mm, foi utilizado para a obtenção das medidas de espessura das oito dobras cutâneas (tríceps, subescapular, crista ilíaca, supra-ilíaca,

abdominal, médio-axilar, coxa e panturrilha). O cálculo do percentual de gordura foi utilizado conforme Jackson et al. (1980), a partir da fórmula $D = 1,0994921 - 0,0009929(X^2) + 0,0000023 (X^2)^2 - 0,0001392 (ID)$, na qual D corresponde à densidade corporal, X^2 ao somatório das dobras tricipital, suprailíaca e coxa média e ID à idade em anos do sujeito. Todas as avaliações citadas seguiram as normas da *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (ISAK) e realizadas por uma antropometrista com registro internacional nível 1 (Hume; Marfell-Jones, 2008).

Avaliação do Dano Muscular

O nível de dano muscular dos voluntários foi avaliado, em cada sessão de coleta, através de três métodos de determinação indireta do dano muscular: (1) avaliação subjetiva da dor muscular de início tardio através de pressão exercida por dinamômetro manual; (2) avaliação da intensidade do sinal da imagem de ecografia; e (3) avaliação da capacidade de produção de força máxima isométrica.

Avaliação da Dor Muscular de Início Tardio

A avaliação da dor muscular de início tardio foi realizada de duas maneiras. O primeiro método foi mensurado por meio de uma escala analógica visual de dor (EAVD). Antes de cada sessão de coleta, um mesmo pesquisador instruiu, de maneira padronizada, os sujeitos a realizarem uma contração isométrica submáxima do quadríceps femoral a fim de marcar na EAVD um traço vertical no ponto que melhor refletiu a dor ou desconforto muscular que sentiram em cada musculatura. A linha de 100mm da EAVD não possuía marcações ou números, apenas as indicações “sem dor” e “máxima dor” nas extremidades da linha. A quantificação da dor foi determinada pela distância entre o ponto inicial da reta (0 mm) e o ponto marcado pelo indivíduo (White et al., 2008; Wilson et al., 2009).

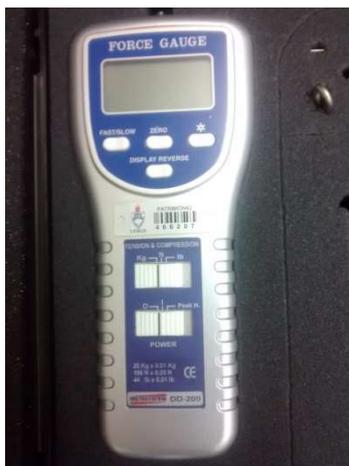


Figura 2: Dinamômetro manual para mensuração da dor muscular de início tardio (fonte: Setor de Plasticidade Neuromuscular).

A segunda forma de mensuração da dor muscular de início tardio foi realizada através da utilização de um dinamômetro manual (Instrutherm modelo DD-200, com capacidade de produção de até 20Kgf; Figura 2). Foi explicado aos voluntários que a dor seria avaliada por meio de técnica de estimulação por pressão. O indivíduo teria apenas de informar o momento em que a sensação de pressão passasse a ser uma sensação de dor. A aplicação da pressão foi feita sobre o ventre do músculo vasto lateral de ambos os membros inferiores. Após a aplicação da pressão, foi anotado o valor da força (Kgf) que determinou a sensação do estímulo doloroso em cada indivíduo.

Avaliação da intensidade do sinal da imagem de ultrassonografia

Para a avaliação da intensidade da imagem de ultrassonografia foi utilizada uma sonda de arranjo linear e um sistema de ultrassom (*Ultrasound linear array probe*, 7,5 MHz – em modo B; ALOKA, Japão; Figura 3). A sonda foi embebida em um gel de transmissão solúvel em água promovendo contato acústico sem deprimir a superfície da pele (Blazevich et al., 2006) e posicionada transversalmente ao ventre dos músculos reto femoral, vasto lateral e vasto medial.

Crítérios para posicionamento da sonda

Para garantir que imagens dos diferentes dias de avaliação fossem feitas no mesmo local, um mapa da região foi registrado em um papel laminado transparente por meio de caneta permanente. Para isso, foram consideradas

marcações de protuberâncias ósseas, marcas de nascença, bem como o contorno da sonda na busca de manter o mesmo ângulo de coleta da sonda em relação ao plano frontal. Após as demarcações, foi obtida uma imagem transversal de cada músculo na qual fosse possível visualizar as musculaturas. Para a avaliação da espessura muscular transversal foram realizadas medidas por meio do ultrassom entre a borda interna das aponeuroses superior e inferior dos respectivos músculos (Figura 4). O mapa feito da região de interesse também foi utilizado para as posteriores avaliações de algometria.



Figura 3: Ecógrafo e sonda linear usadas para avaliação da espessura muscular e grau de ecogenicidade (fonte: http://www.imagomedical.com/popup_image.php?plD).

Ecogenicidade

A mensuração do dano muscular foi realizada através da medida da intensidade do grau de esbranquiçamento a partir da análise das imagens em plano transversal dos músculos reto femoral, vasto lateral e vasto medial. Esse método tem sido considerado como um método fidedigno de avaliação do dano muscular, que consiste na quantidade de pontos brancos e pretos presentes em uma imagem do músculo avaliado (Nosaka e Newton, 2002; Chen et al., 2010). No caso do presente estudo, foi utilizada a área de seção transversal anatômica total de cada músculo para a determinação do grau de ecogenicidade. As imagens foram analisadas no software ImageJ que, a partir do recorte manual da área muscular, informou a intensidade do esbranquiçamento da imagem.

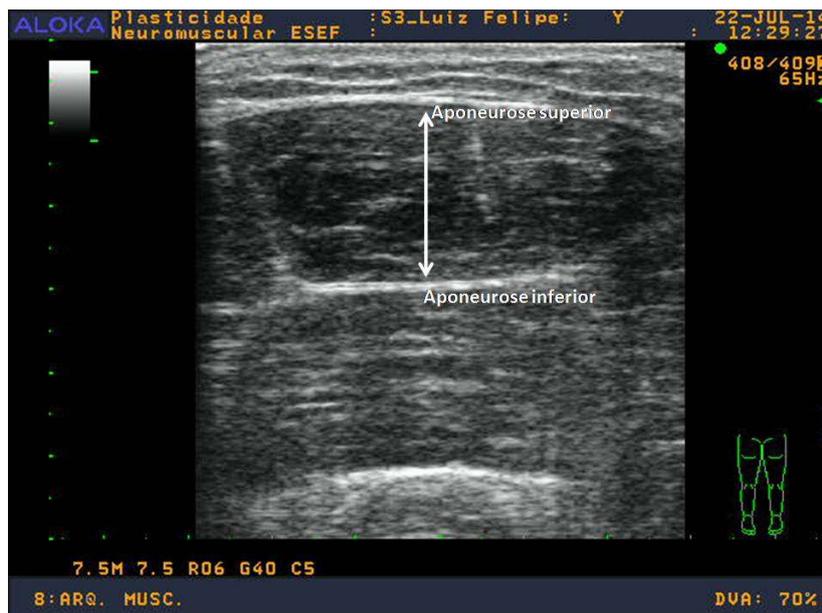


Figura 4: Imagem de ecografia dos músculos RF e VM ilustrando a medida de espessura muscular obtida das imagens transversais de cada um desses músculos para o cálculo da ecogenicidade (Fonte: Banco de Imagens do Grupo de Pesquisa em Biomecânica e Cinesiologia).

Avaliação das propriedades mecânicas musculares

O sujeito foi devidamente posicionado para a avaliação do membro inferior no dinamômetro isocinético Biodex System 3 Pro (Biodex Medical System, Shirley - NY, USA; Figura 5), conforme as recomendações do fabricante para a avaliação do movimento de extensão do joelho. Antes de cada avaliação o sujeito realizou um protocolo de aquecimento de 10 repetições concêntricas do joelho a uma velocidade angular de $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ e amplitude total de movimento.

A função muscular foi determinada a partir do torque isométrico e isocinético máximo de extensores de joelho. O maior valor de torque obtido em três CVMs isométricas de 5 segundos de duração com o joelho em um ângulo articular de 70° de flexão (considerando 0° = extensão total), foi considerado como a capacidade máxima de produção de força. Foram realizadas três contrações concêntricas-excêntricas máximas em uma velocidade angular de $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ e amplitude total de movimento. Um intervalo de dois minutos entre cada contração isométrica e entre a última CVM e as contrações isocinéticas

foi estabelecido para minimizar possíveis efeitos de fadiga muscular. Os voluntários foram instruídos, em todas as tentativas, a realizar força máxima, através de incentivo verbal constante.



Figura 5: Posicionamento do sujeito no dinamômetro isocinético (Fonte: <http://www.biodex.com/>).

Protocolo de indução ao dano muscular

Na primeira sessão, foram respeitados dois minutos de repouso após a última CVM antes de ser iniciado o protocolo de familiarização ao exercício excêntrico no dinamômetro isocinético. Esta familiarização é necessária, pois as contrações isocinéticas excêntricas constituem uma atividade não usual, na qual alguns sujeitos apresentam dificuldade de compreensão e/ou realização da tarefa motora.

Antes de cada contração excêntrica, o membro inferior do avaliado foi passivamente estendido até a posição de 30° de flexão de joelho. O sujeito também foi incentivado a promover uma contração de extensores de joelho assim que atingisse este posicionamento. Como resposta ao torque extensor do joelho, o dinamômetro conduziu o segmento no sentido de flexão de joelho até o ângulo de 90° (amplitude de movimento = 60°) em uma velocidade de 60°.s⁻¹. Assim, foram realizadas cinco contrações excêntricas submáximas de extensores de joelho com objetivo de familiarizar o voluntário ao movimento utilizando a mesma velocidade e a mesma amplitude de movimento do subsequente exercício excêntrico indutor de dano muscular e do teste de contração excêntrica máxima, no qual o indivíduo realizou três repetições máximas.

Finalizada a familiarização e os testes máximos pré exercício excêntrico, após dois minutos de repouso, era iniciado o protocolo de exercício excêntrico.

A indução ao dano muscular foi realizada através de 40 contrações excêntricas máximas de extensores de joelho, divididas em quatro séries de 10 repetições, com intervalos de 1 minuto entre as séries. O exercício foi realizado a uma velocidade de $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ e com amplitude de movimento de 60° (30° a 90° de flexão de joelho). Assim, cada contração excêntrica teve duração de um segundo. Após o término do exercício excêntrico, o dinamômetro automaticamente posicionou o membro inferior em um ângulo de 70° e, após 10 segundos, uma nova CVM de extensores de joelho com cinco segundos de duração era realizada. O valor de pico de torque foi considerado como representativo da capacidade máxima de produção de força do voluntário imediatamente após o exercício. Dois minutos após a CVM isométrica o sujeito realizou três contrações voluntárias máximas isocinéticas concêntricas-excêntricas de extensores de joelho em uma velocidade angular de $60^{\circ}\cdot s^{-1}$.

Análise Estatística

Uma ANOVA de um fator para medidas repetidas foi utilizada na comparação dos dados obtidos nas avaliações pré, pós, pós 24 horas, pós 48 horas e pós 72 horas do protocolo de exercício excêntrico. Em todas as análises, havendo diferença entre os momentos, a comparação entre os momentos foi seguida do teste *post-hoc* de LSD para verificar entre quais momentos os valores eram diferentes.

Ficou estabelecido, para todas as variáveis analisadas, que valores três desvios-padrão acima ou abaixo da média do grupo seriam considerados *outliers*, levando à exclusão do indivíduo do estudo. O software utilizado para a análise estatística foi o SPSS 15.0, e o nível de significância adotado foi de 5% ($p<0,05$).

Resultados

Dezoito sujeitos iniciaram as coletas dos dados; entretanto, somente 11 concluíram os 4 dias de coletas do protocolo. Entre as principais causas da perda amostral podemos citar: alto nível de dor muscular (4 sujeitos), problemas administrativos do laboratório (1 sujeito) ou não comparecimento aos dias subsequentes de coletas (2 sujeitos).

A tabela 1 mostra as características referentes à composição corporal dos sujeitos.

Tabela 1: Características dos sujeitos avaliados.

Variável	Média (+-dp)
Idade (anos)	63 ± 4,67
Altura (m)	1,70 ± 0,053
Massa Corporal (Kg)	74,5 ± 11,77
IMC (Kg/m ²)	25,8 ± 3,63

IMC = Índice de Massa Corporal; dp = desvio padrão.

O Torque Máximo Isométrico reduziu do momento pré para o momento pós ($p=0,006$), com redução subsequente do momento pós para os momentos 24h ($p=0,002$), 48h ($p=0,036$) e 72h ($p=0,04$) (Figura 6).

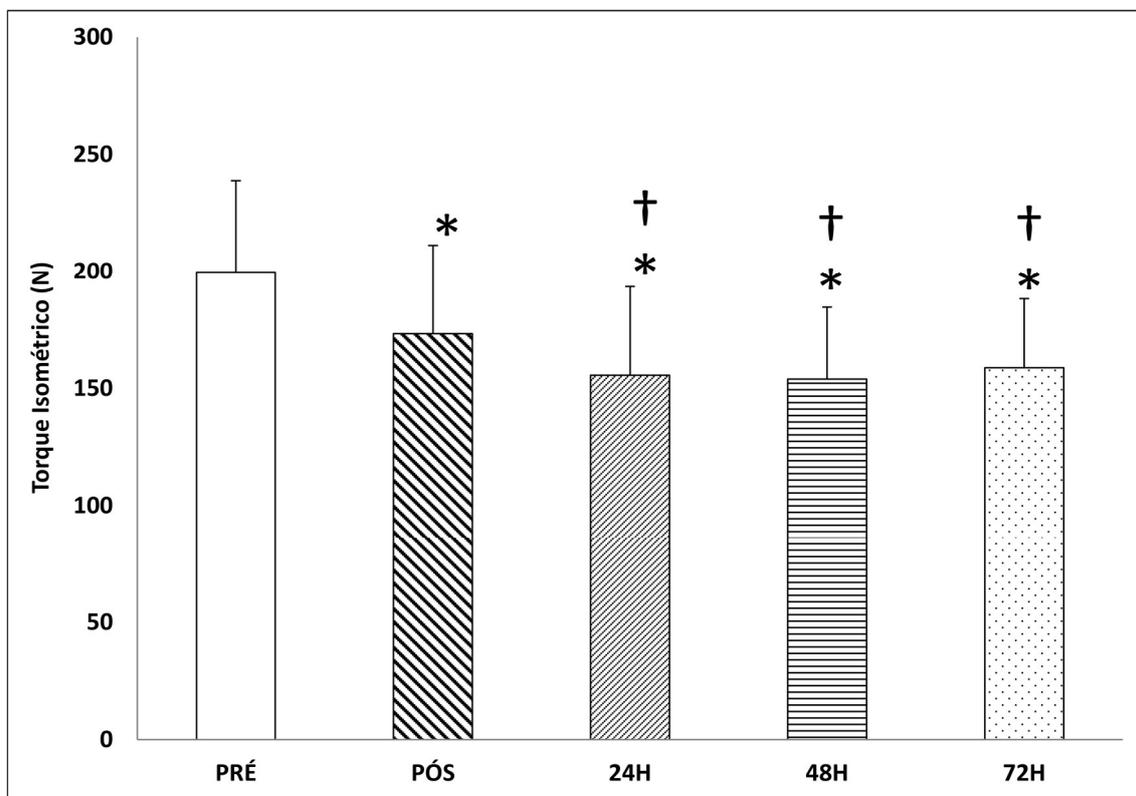


Figura 6: Torque Isométrico (CVM). Momento pós, 24h, 48h e 72h significativamente diferentes de pré (indicado por *), assim como 24h, 48h e 72h significativamente diferentes de pós (indicado por †).

No Torque Máximo Excêntrico, valores significativamente diferentes entre os momentos pré e pós ($p=0,001$), pré e 24h ($p=0,005$), pré e 48h ($p=0,001$), pré e 72h ($p=0,000$) foram encontrados, conforme ilustrado na figura 7. Já os valores médios de Torque, apresentaram-se diferentes entre os momentos pré e pós ($p=0,006$), pré e 48h ($p=0,016$), pré e 72h ($p=0,035$), conforme a figura 8.

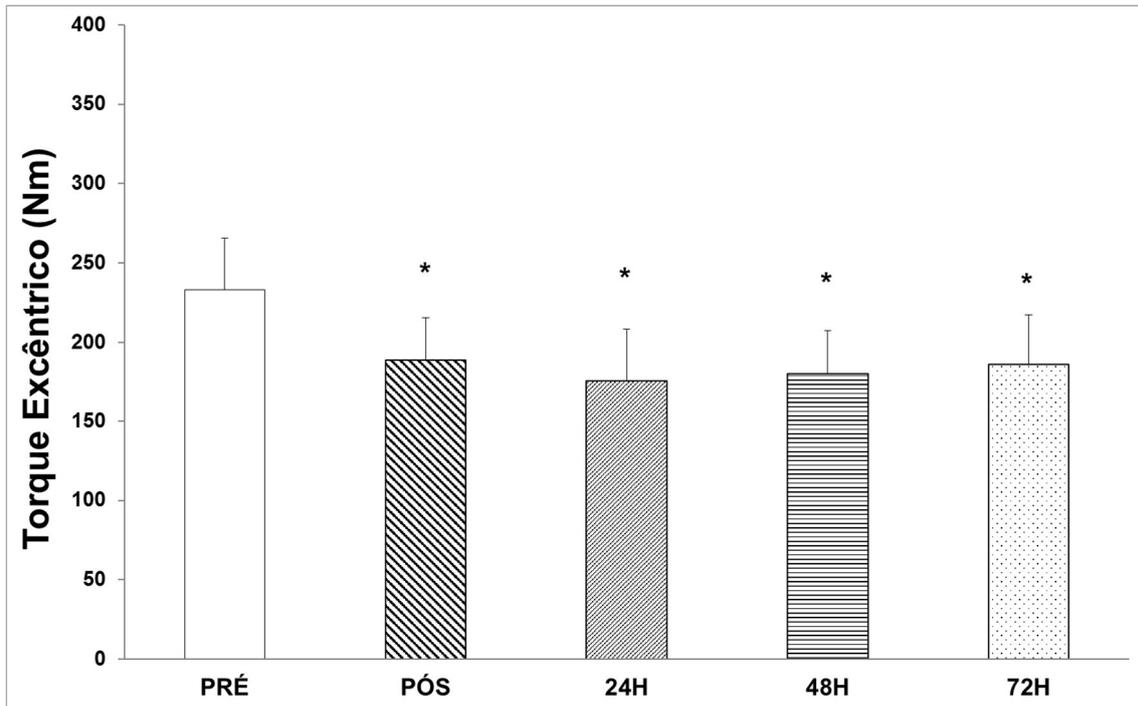


Figura 7: Pico de torque excêntrico. Valores pós, 24h, 48h e 72h significativamente menores quando comparados aos valores pré (* indica $p < 0,05$).

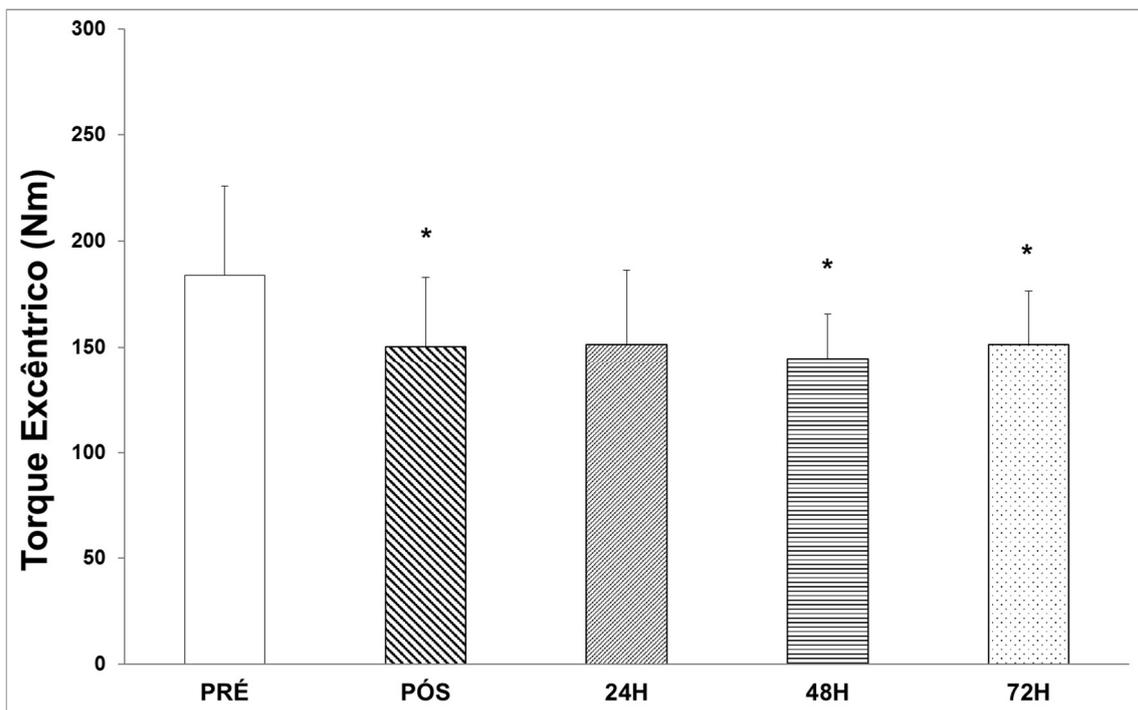


Figura 8: Torque excêntrico total (média das 3 repetições). Momentos pós, 48h e 72h significativamente menores de pré (* indica $p < 0,05$).

O Trabalho Total Excêntrico também apresentou valores significativamente diferentes entre os momentos pré e pós ($p=0,012$), pré e 24h ($p=0,000$), pré e 48h ($p=0,006$) e pré e 72h ($p=0,001$), assim como entre os momentos pós e 24h ($0,029$), conforme a figura 9.

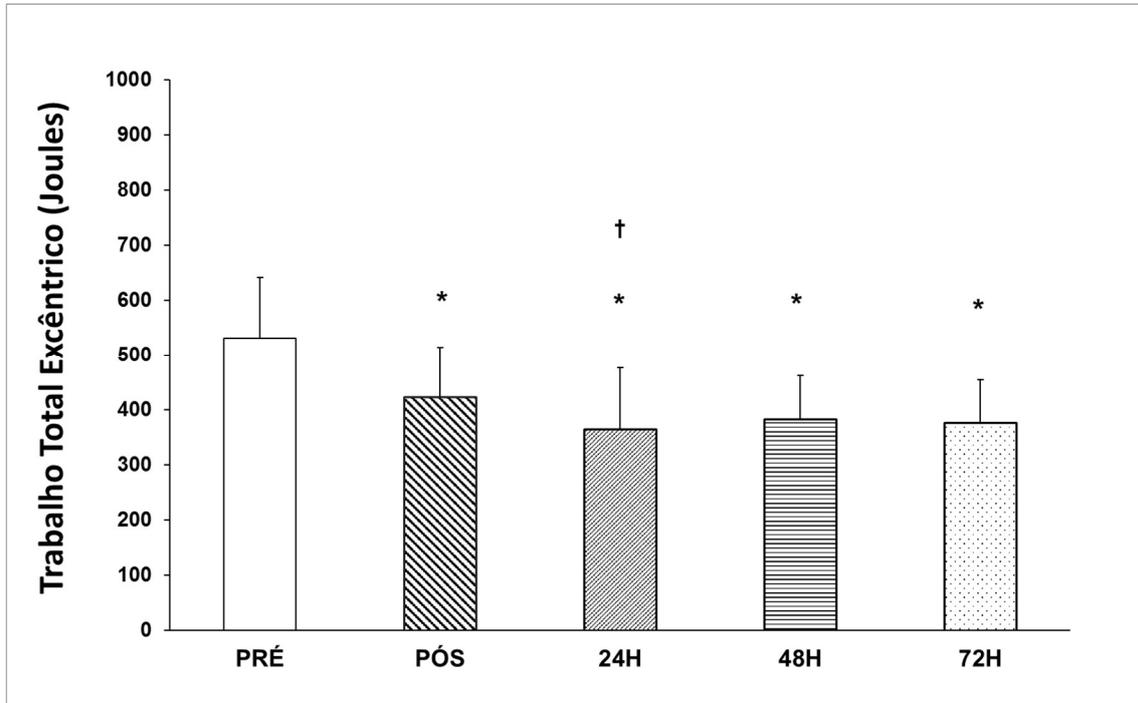


Figura 9: Trabalho total excêntrico. Momentos pós, 24h, 48h e 72h significativamente menores em relação ao momento pré (* indica $p<0,05$) e momento 24h significativamente menor em relação ao momento pós († indica $p<0,05$).

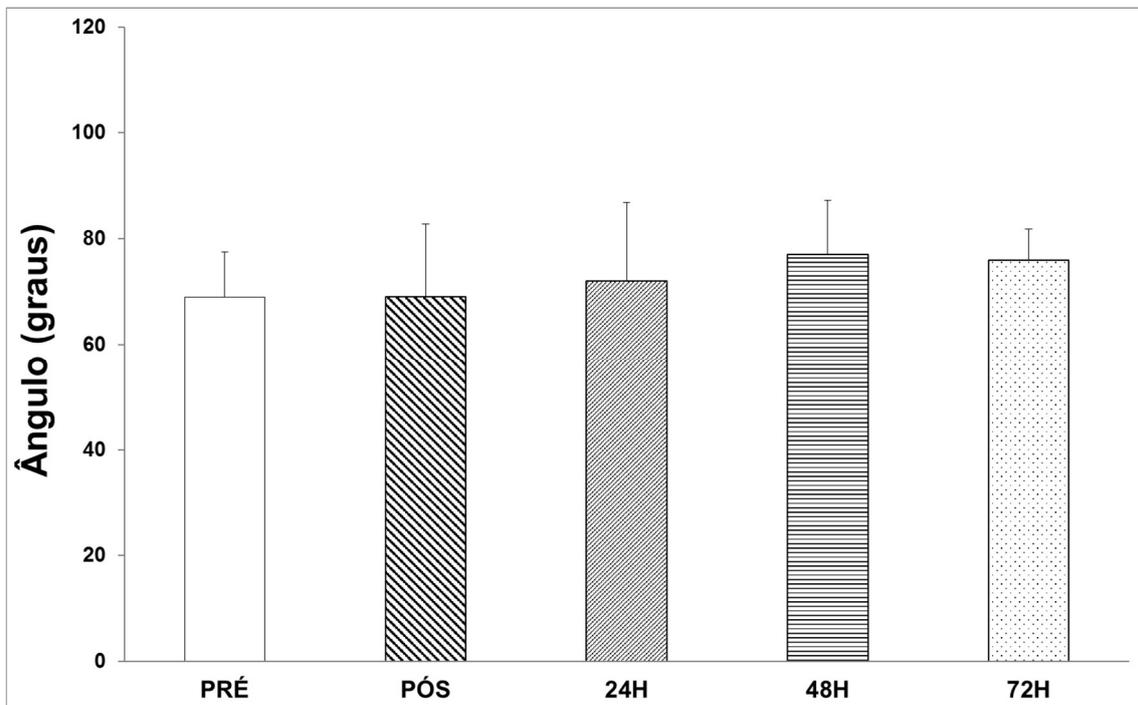


Figura 10: Ângulo de pico de torque excêntrico. Não foram encontradas diferenças significativas entre os diferentes momentos ($p>0,05$).

Foi observado um aumento da dor (medida por meio da EAVD) do momento pré para os momentos 24h ($p=0,014$), 48h ($p=0,008$) e 72h ($p=0,007$; figura 11). Já em relação à dinamometria de pressão, não foram encontradas diferenças significativas entre os momentos analisados ($p=0,221$) (Figura 12).

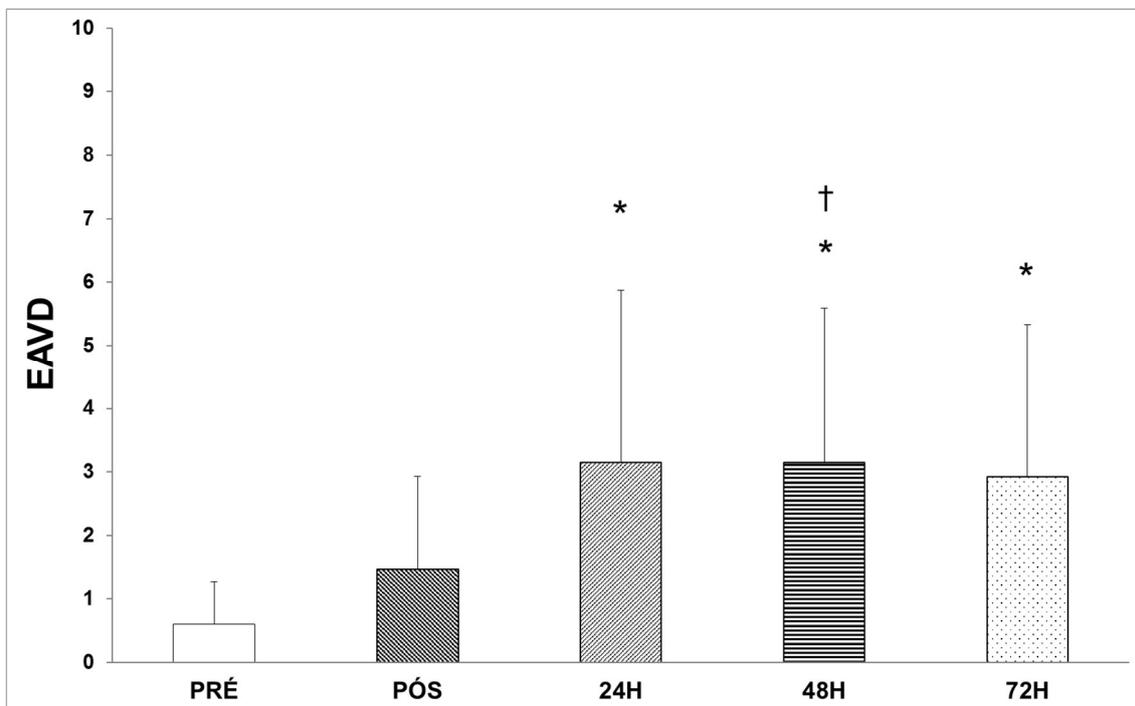


Figura 11: Escala analógica visual de dor (EAVD). Momento 24h, 48h e 72h significativamente diferentes de pré ($p<0,05$). Os * representam valores diferentes do momento pré e † representa valores diferentes do momento pós.

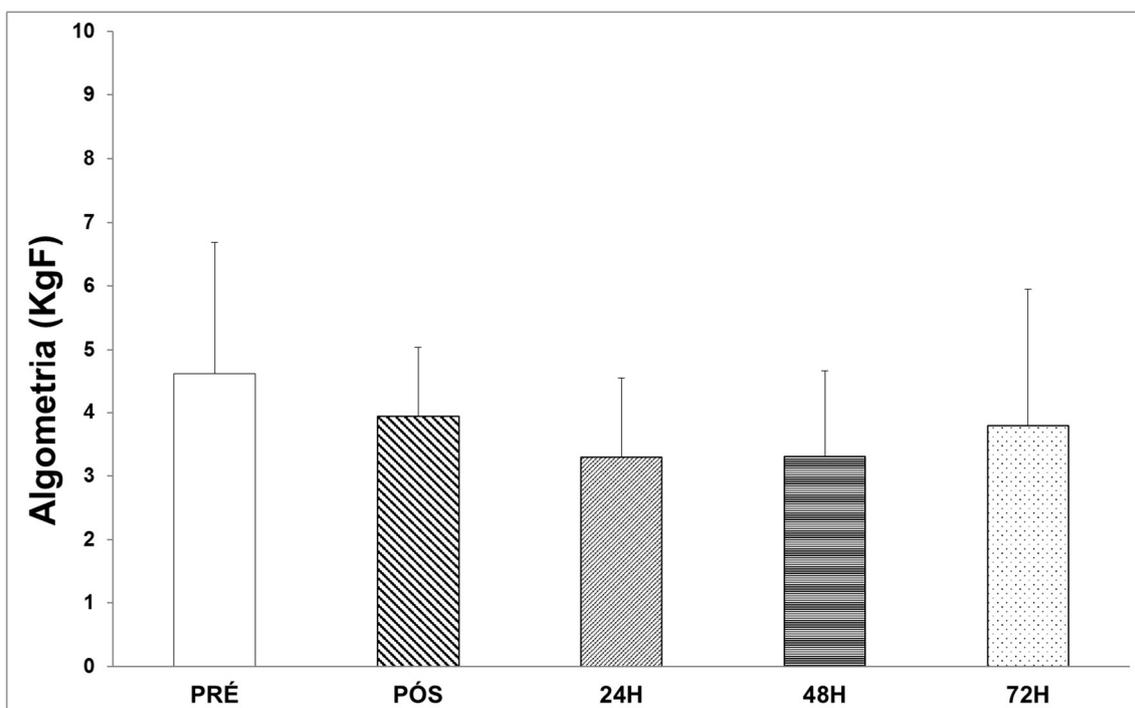


Figura 12: Algometria de pressão. Não foram encontradas diferenças significativas entre os momentos ($p>0,05$).

Da mesma forma, a ecogenicidade ($p=0,086$) (Figura 13 e 14) e o ângulo de produção de força máxima excêntrica ($p=0,623$) (Figura 10) também não apresentaram diferença significativa entre os momentos analisados.

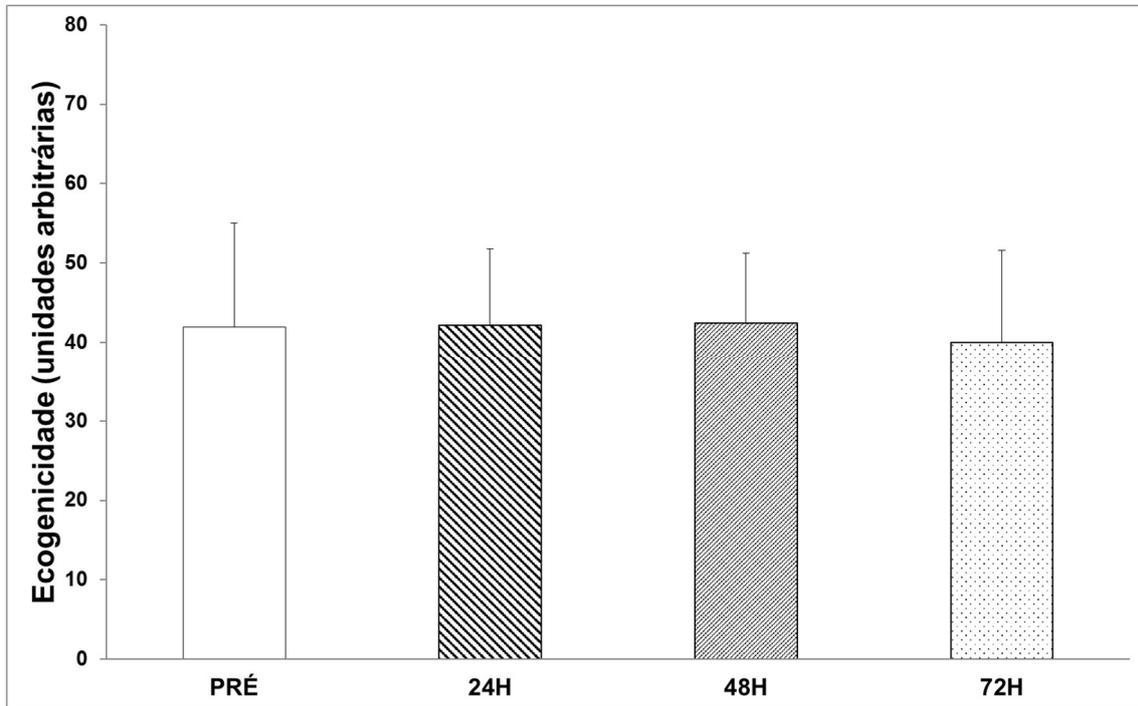


Figura 13: Ecogenicidade do quadríceps. Não foram encontradas diferenças significativas entre os momentos analisados ($p>0,05$).

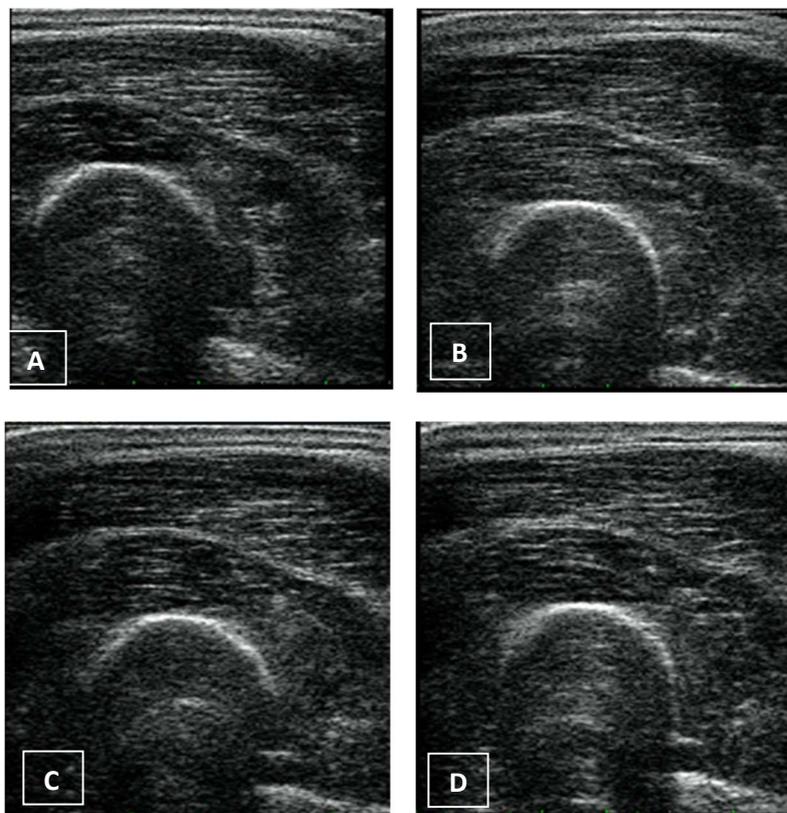


Figura 14: Variação da Ecogenicidade ao longo dos 4 dias de coleta.

Discussão

O torque máximo isométrico, assim como o pico de torque excêntrico, apresentaram o resultado esperado, ou seja, uma queda significativa ao longo dos dias em relação ao momento pré. Radaelli et al. (2012) avaliaram mulheres jovens em um protocolo de exercício para flexores de cotovelo semelhante ao deste trabalho e também encontraram menores níveis de força máxima isométrica imediatamente após e nas 72 horas seguintes ao protocolo de exercício, assim como também maiores níveis de dor muscular. Portanto, a queda de força resultante do dano muscular observada em outros estudos de exercício excêntrico com outras populações parece ser uma constante, ou seja, o dano muscular parece realmente reduzir a capacidade de produção de força de forma aguda após o exercício excêntrico, e essa perda funcional parece se prolongar em idosos sedentários, uma vez que, 72 horas após o protocolo de exercício excêntrico, a capacidade máxima de produção de força isométrica ou de força dinâmica não foi recuperada. Isso sugere que programas de treinamento excêntrico devem considerar um intervalo de tempo talvez maior entre as sessões de exercício excêntrico a fim de otimizar os efeitos adaptativos do exercício excêntrico de forma crônica ou de um programa de treinamento de força excêntrico.

O Trabalho Total Excêntrico também teve uma queda acentuada nas primeiras 24h após o exercício excêntrico, e se manteve reduzido após 72h do exercício. O trabalho total está relacionado com a capacidade de geração de torque muscular ao longo de toda a amplitude de movimento. Portanto, a redução observada no trabalho total imediatamente após o protocolo de exercício excêntrico sugere que houve uma redução da capacidade de produção de força dos extensores do joelho ao longo de toda a amplitude de movimento em função do dano muscular causado pelo exercício excêntrico. O fato de o trabalho total permanecer reduzido ao longo dos quatro dias de avaliação talvez fortaleça a hipótese de mudança no gesto motor executado, por exemplo, durante o salto vertical de contra-movimento. Se os extensores do joelho não readquiriram sua capacidade inicial de produção de força ao longo de toda a amplitude de movimento articular, isso sugere uma menor

contribuição desse grupo muscular para a funcionalidade do membro inferior e também da realização das atividades de vida diárias, o que sugere que outro grupo muscular provavelmente teve de assumir esse trabalho a menos gerado pelos extensores do joelho ao longo dos quatro dias de avaliação. Entretanto, essa hipótese ainda necessita ser confirmada em estudos futuros.

Os resultados das avaliações da Escala Analógica Visual de Dor (EAVD) corroboram com os resultados de um estudo prévio desenvolvido pelo nosso grupo de pesquisa que avaliou os efeitos crônicos do exercício excêntrico (Baroni et al, 2013). Mais especificamente, houve um aumento gradual dos níveis de dor nas primeiras 24 horas ($p=0,014$), que permaneceram elevados nas 48 horas seguintes ao momento pré. Mesmo após 72 horas após a sessão de treino ainda foram observados níveis de dor muscular tardia significativamente maiores do que os níveis relativos ao momento pré-exercício excêntrico.

Entretanto, diferentemente do que esperávamos, os resultados encontrados na algometria de pressão não apresentaram diferenças significativas entre os diferentes momentos analisados ($p=0,221$). Uma possível explicação pode estar relacionada com a dificuldade que os sujeitos encontraram para expressar o momento exato em que sentiam dor em um nível que não fosse mais suportável para caracterizar o final do teste, diferentemente das avaliações com EAVD, nas quais eles tinham uma ideia para quantificação da dor em uma linha reta com as marcações 0 e 10 nas extremidades. Outra possibilidade é que a área utilizada para medir a pressão não era grande suficiente para estimular um número suficiente de receptores sensoriais na coxa que permitissem a discriminação exata dos níveis de pressão, ou ainda que o exercício excêntrico não causa uma dor muscular que possa ser identificada de forma localizada por pressão na pele. Em outras palavras, o algômetro pode não ser uma ferramenta adequada para medir a dor muscular tardia, diferentemente da EAVD, que permite ao indivíduo emitir uma opinião subjetiva, mas que envolve uma sensação genérica do desconforto muscular durante a contração. Outro aspecto importante é que as microlesões, ou o dano muscular gerado pelo exercício excêntrico, estão mais localizadas nas fibras musculares, e a pressão na pele, sob a qual existe ainda uma camada

subcutânea de gordura significativamente grande em idosos se comparada com sujeitos jovens, pode ter minimizado os efeitos do algômetro na identificação da dor muscular tardia. Portanto, um aumento da amostra provavelmente reduzirá a variância dessa variável, de modo que esperamos, no futuro, encontrar reduções significativas para os valores de algometria observados na figura 7 após o exercício excêntrico, ou seja, resultados semelhantes de dor muscular tardia obtidos com o algômetro aos encontrados com a EAVD.

Os resultados de dano muscular obtidos a partir da avaliação da ecogenicidade dos três músculos extensores do joelho avaliados, também não eram esperados e revelaram inexistência de dano entre os quatro dias de teste. Não temos uma explicação clara para esse resultado, mas especulamos uma possível hipótese que talvez explique os resultados encontrados. Idosos sedentários parecem apresentar uma quantidade elevada de tecido conectivo e de gordura subcutânea e intramuscular, fazendo com que o dano muscular gerado pelo exercício excêntrico não tenha sido suficientemente elevado para modificar significativamente a quantidade de pontos brancos na avaliação da ecogenicidade. Em outras palavras, a ecogenicidade pode não ser sensível suficiente para medir o dano muscular em idosos sedentários.

O ângulo do pico de torque excêntrico também não se modificou ao longo dos dias após o exercício excêntrico. Apesar de não termos uma previsão clara do que esperávamos acontecer com essa variável, duas hipóteses poderiam ocorrer. No primeiro caso, uma redução no ângulo do pico de torque provavelmente revelaria uma incapacidade dos extensores do joelho em gerar força no ângulo ótimo de produção de torque (i.e. entre 60 e 70 graus de flexão do joelho). Essa redução poderia estar relacionada com uma incapacidade de produção de força em comprimentos fasciculares elevados em função do dano muscular. Já um aumento do ângulo de pico de torque revelaria uma rápida capacidade adaptativa do músculo ao dano muscular, ou seja, as microlesões decorrentes do exercício excêntrico seriam mais rápidas do que o esperado no sentido de gerar as adaptações esperadas, e um aumento do ângulo ótimo de produção de força obrigatoriamente teria de estar relacionado com um rápido aumento do número de sarcômeros em série, de

forma a deslocar o ângulo ótimo de geração de força para maiores comprimentos musculares. Como não foram encontradas diferenças significativas, não temos como identificar se uma dessas hipóteses é a verdadeira, mas talvez a segunda hipótese seja a mais plausível, pois vai na direção do que se esperaria em termos de plasticidade muscular.

O cálculo amostral, baseado na principal variável de desfecho, ou seja, o torque máximo isométrico, indicou que um “n” de 11 sujeitos seria suficiente para a observação de diferenças significativas entre os diferentes momentos de avaliação dos efeitos agudos do exercício excêntrico. Uma redução no torque máximo tanto isométrico quanto excêntrico foi observado para todos os períodos em relação ao período pré-exercício excêntrico, o que demonstra que o cálculo amostral estava correto para essa variável.

Entretanto, as perdas amostrais ao longo do trabalho provavelmente afetaram os resultados das demais variáveis, uma vez que foi encontrada uma grande variabilidade intra e inter sujeitos nas demais variáveis analisadas. Em outras palavras, talvez o cálculo amostral deveria ter sido realizado também para as demais variáveis, pois, apesar de talvez um pouco menos importantes do que o torque para avaliar os efeitos agudos do exercício excêntrico, ainda assim são clinicamente relevantes. Entretanto, os problemas encontrados na execução do presente estudo descritos na apresentação do mesmo impossibilitaram que obtivéssemos um tamanho amostral maior em função de o conserto dos equipamentos não ter sido concluído em tempo hábil para que pudéssemos aumentar o tamanho amostral. Portanto, essa é talvez a principal limitação do presente estudo. Ainda assim, o reduzido tamanho amostral revelou informações relevantes em relação aos efeitos agudos do exercício excêntrico sobre a capacidade de produção de força dos extensores do joelho, dor e trabalho excêntrico total.

Conclusão

Uma única sessão de exercício excêntrico reduz a capacidade de produção de força máxima isométrica e excêntrica e o trabalho total excêntrico, e aumenta a dor muscular tardia. Esses efeitos perduram por um período de 72h pós-exercício. Variáveis como a algometria de pressão, a qualidade muscular ou a ecogenicidade dos extensores do joelho, não parecem ser afetadas pelo exercício excêntrico de forma aguda. A falta de recuperação da força e do trabalho 72 horas após uma única sessão de exercício excêntrico sugere que protocolos crônicos de treinamento excêntrico devem talvez aumentar o tempo de intervalo entre duas sessões de exercício excêntrico para, no mínimo, 72 horas a fim de que o nível de dano muscular não seja deletério e para que o processo de anabolismo tenha tempo suficiente para ocorrer em idosos saudáveis sedentários.

Direções Futuras

O Equipamento de Laserterapia utilizado no início do estudo foi consertado e agora foi enviado para calibração. Após o conserto finalizado, será iniciado um novo período de coletas com um novo grupo de idosos, de maneira que os dados obtidos nesse estudo serão utilizados como dados controle. Esse maior N amostral do grupo controle fará com que a variabilidade dos dados coletados seja minimizada, possibilitando a análise de como a laserterapia de baixa potência age sobre os efeitos agudos gerados pelo exercício excêntrico. No mesmo modelo desse estudo, serão avaliados jovens saudáveis para que possa ser feita uma comparação da resposta aguda muscular após uma sessão de exercício excêntrico entre jovens e idosos. Além do estudo que será realizado, seria interessante que estudos futuros analisassem a recuperação muscular por um período maior de tempo para determinar qual o tempo necessário para que os indivíduos recuperassem sua função muscular por completo.

Conforme mencionado anteriormente, também seria importante a mensuração cinemática das atividades funcionais como o salto vertical de contra-movimento, a fim de que se possa identificar possíveis alterações do gesto motor nas diferentes articulações decorrentes das modificações (redução) na capacidade máxima de produção de força e de trabalho na articulação do joelho.

ANEXO 1

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Dados de Identificação do Participante:

Nome: _____

Dados de Identificação dos Pesquisadores Responsáveis:

Prof. Dr. Marco Aurélio Vaz

MSc. Mariah Gonçalves dos Santos

Setor de Plasticidade Neuromuscular

Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX)

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança (ESEFID)

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

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

Telefone: (51) 3308-5859

Termo de Consentimento Informado:

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

O objetivo deste estudo é analisar o efeito agudo da aplicação de Laser de Baixa Potência (LBP), um equipamento comumente utilizado na prática clínica de fisioterapia, sobre as adaptações neuromusculares decorrentes de uma sessão de exercício excêntrico (exercício em que você tenta resistir ao movimento da máquina com o máximo de força que você consegue) realizado em um equipamento de dinamometria isocinética (equipamento para medir a sua capacidade máxima de produção de força).

O estudo será realizado no Setor de Plasticidade Neuromuscular (sala 106c) do Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança (ESEFID) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Os voluntários comparecerão ao local quatro dias, com um intervalo de 24 horas entre cada sessão de coleta. Na primeira visita o participante realizará uma

avaliação antropométrica, avaliação da qualidade do músculo por meio de imagens de ultrassom, avaliação da capacidade máxima de ativação (por meio da eletromiografia de superfície) e de produção de força máxima dos músculos extensores do joelho, salto vertical em um só pé, um protocolo excêntrico para os músculos extensores do joelho e a aplicação da LBP. Nos dias subsequentes serão realizadas avaliações da força e ativação máximas dos mesmos músculos, salto vertical unipodal, mensuração da dor e avaliação da qualidade do músculo por meio de imagens de ultrassom.

Salienta-se que a LBP é uma terapia totalmente segura, de aplicação não-invasiva, que consiste na emissão de uma fonte luminosa de natureza específica sobre a pele do indivíduo. Quando utilizada nas doses apropriadas (como no caso do presente estudo), tal terapia não provoca qualquer dano à pele ou tecidos subjacentes do indivíduo, sendo nulos os riscos de queimaduras, cicatrizes ou outros tipos de alterações estéticas no local das aplicações. Da mesma forma, a aplicação de LBP não causa nenhum tipo de sensação tátil, desconforto ou dor.

Os riscos à saúde dos participantes são mínimos, e consistem principalmente em vermelhidão da pele no local de colocação dos eletrodos de eletromiografia de superfície e desconforto nos músculos treinados nos dias subsequentes após a realização das sessões de exercício. Esse desconforto é o mesmo que você sente no dia seguinte após uma sessão de exercícios na academia. A vermelhidão da pele nos locais de colocação dos eletrodos de eletromiografia desaparecerá em aproximadamente dois dias, e o desconforto muscular em no máximo três dias. Não há benefícios diretos com a sua participação nesse estudo. Entretanto, você estará ajudando no aprimoramento do uso de uma tecnologia avançada que visa acelerar a recuperação muscular após um exercício excêntrico em idosos.

É importante destacar que a participação no presente estudo não acarretará despesas aos voluntários. Da mesma forma, não haverá qualquer espécie de remuneração financeira aos mesmos pela participação no estudo. Em caso de ocorrência de qualquer lesão musculoesquelética (estiramentos musculares, contraturas musculares e inflamações em tendões ou cartilagens) em função do exercício excêntrico, os pesquisadores se responsabilizam por fornecer reabilitação fisioterapêutica completa e gratuita nas dependências do próprio LAPEX.

A sua assinatura nesse formulário indica que você entendeu satisfatoriamente a informação relativa à sua participação nesse projeto e você concorda em participar como sujeito. De forma alguma esse consentimento lhe faz renunciar aos seus direitos legais, e nem libera os investigadores, patrocinadores, ou instituições envolvidas de suas responsabilidades pessoais ou profissionais. A sua participação continuada deve ser tão bem informada quanto o seu consentimento inicial, de modo que você deve se sentir à vontade para solicitar esclarecimentos ou novas informações durante a sua participação. Se tiver qualquer dúvida referente a assuntos relacionados com esta pesquisa, favor contatar os pesquisadores nos telefones indicados no início desse termo de consentimento ou o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (51-33083738).

Pesquisador responsável

Participante

Porto Alegre, ____ de _____ de 2016.

ANEXO 2

QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA - IPAQ

VERSÃO CURTA

Participante nº: _____

Data: _____ / _____ / _____

Nós estamos interessados em saber que tipos de atividade física as pessoas fazem como parte do seu dia a dia. Este projeto faz parte de um grande estudo que está sendo feito em diferentes países ao redor do mundo. Suas respostas nos ajudarão a entender que tão ativos nós somos em relação à pessoas de outros países. As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física na ÚLTIMA semana. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são MUITO importantes. Por favor responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação!

Para responder as questões lembre-se que: $\frac{3}{4}$ atividades físicas VIGOROSAS são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar MUITO mais forte que o normal $\frac{3}{4}$ atividades físicas MODERADAS são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar UM POUCO mais forte que o normal. Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza por pelo menos 10 minutos contínuos de cada vez.

1a Em quantos dias da última semana você CAMINHOU por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício?

dias _____ por SEMANA () Nenhum

1b Nos dias em que você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou caminhando por dia?

horas: _____ Minutos: _____

2a. Em quantos dias da última semana, você realizou atividades MODERADAS por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves,

fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que fez aumentar moderadamente sua respiração ou batimentos do coração (POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA)

dias _____ por SEMANA () Nenhum

2b. Nos dias em que você fez essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades por dia?

horas: _____ Minutos: _____

3a. Em quantos dias da última semana, você realizou atividades VIGOROSAS por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou cavoucar no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que fez aumentar MUITO sua respiração ou batimentos do coração.

dias _____ por SEMANA () Nenhum

3b. Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades por dia?

horas: _____ Minutos: _____

Estas últimas questões são sobre o tempo que você permanece sentado todo dia, no trabalho, na escola ou faculdade, em casa e durante seu tempo livre. Isto inclui o tempo sentado estudando, sentado enquanto descansa, fazendo lição de casa visitando um amigo, lendo, sentado ou deitado assistindo TV. Não inclua o tempo gasto sentando durante o transporte em ônibus, trem, metrô ou carro.

4a. Quanto tempo no total você gasta sentado durante um dia de semana?

_____ horas ____ minutos

4b. Quanto tempo no total você gasta sentado durante em um dia de final de semana?

_____ horas ____ minutos

ANEXO 3

Convite para participação em pesquisa



CONVITE PARA PARTICIPAÇÃO EM PESQUISA

Público alvo: idosos entre 60 e 75 anos, fisicamente ativos, para participar de pesquisa sobre a efetividade da laserterapia na recuperação muscular após um protocolo de exercício.

Interessados entrar em contato com Mariah Gonçalves pelo telefone (51) 9889-8585 ou por e-mail mariah1611@gmail.com

Referências

1. Baroni BM et al. 2010. Adaptações neuromusculares de flexores dorsais e plantares a duas semanas de imobilização após entorse de tornozelo. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 16(5):358-362.
2. Baroni BM et al. 2013. Functional and Morphological Adaptations to Aging in Knee Extensor Muscles of Physically Active Men. *Journal of Applied Biomechanics*. 29(5): 535-42.
3. Blazevich AJ. 2006. Effects of physical training and detraining, immobilisation, growth and aging on human fascicle geometry. *Sports Medicine*. 36(12):1003-1017.
4. Brandenburg JP, Docherty D. 2002. The effects of accentuated eccentric loading on strength, muscle hypertrophy, and adaptations in trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 16:25-32.
5. Byrne C, Twist C, Eston R. 2004. Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage. *Sports Medicine*. 34:49-69.
6. Cadore EL, et al. 2014. Strength and Endurance training prescription in healthy and frail elderly. *Aging and Disease*. 5(3):183-195.
7. Cavanaugh P, Mulfinger LM, Owens DA. 1997. How do the elderly negotiate stairs? *Muscle & Nerve*. 5:S52–S55.
8. Chapman DW, et al. 2008. Comparison between old and young men for responses to fast velocity maximal lengthening contractions of the elbow flexors. *European Journal of Applied Physiology*. 104:531-539.
9. Chen TC. 2011. Comparison in eccentric exercise-induced muscle damage among four limb muscles. *European Journal of Applied Physiology*. 111(2): 211-23.
10. Cheung K, et al. 2003. Delayed Onset Muscle Soreness. *Sports Medicine*. 33(2): 145-64.
11. Clarkson, PM & Dedrick, ME. 1988. Exercise-induced muscle damage, repair, and adaptation in old and young subjects. *Journal of Gerontology*. 36:648-653.

12. Clarkson PM, Hubal MJ. 2002. Exercise-Induced Muscle Damage in Humans. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation /Association of Academic Physiatrists*. 81(11 Suppl): S52-69.
13. Doherty TJ. 2003. Invited review: Aging and sarcopenia. *Journal of Applied Physiology*. 95(4):1717-1727.
14. Edman KA. 1988. Double-hyperbolic force-velocity relation in frog muscle fibres. *Journal of Physiology*. 404: 301-321.
15. Flitney FW, Hirst DG. 1978. Cross-bridge detachment and sarcomere "give" during stretch of active frog's muscle. *Journal of Physiology*. 276:449-465.
16. Fridén J, Lieber RL. 2001. Eccentric exercise-induced injuries to contractile and cytoskeletal muscle fibre components. *Acta Physiologica Scandinavica*. 171:321-26.
17. Gabriel DA, et al. 2006. Neural Adaptations to Resistive Exercise - Mechanisms and Recommendations for Training Practices. *Sports Medicine*. 36:133-149.
18. Guilhem G, et al. 2010. Neuromuscular and muscle-tendon system adaptations to isotonic and isokinetic eccentric exercise. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 53:319-341.
19. Hackney KJ, Engels HJ, Gretebeck RJ. 2008. Resting energy expenditure and delayed-onset muscle soreness after full-body resistance training with an eccentric concentration. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 22:1602-1609.
20. Hakkinen K. 1995. Neuromuscular fatigue and recovery in women at different ages during heavy resistance loading. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*. 35:403-13.
21. Häkkinen K, et al. 1998. Changes in Agonist-Antagonist EMG, Muscle CSA, and Force during Strength Training in Middle-Aged and Older People. *Journal of Applied Physiology*. 84(4): 1341-49.
22. Herzog J, et al. 2012. Are titin properties reflected in single myofibrils? *Journal of Biomechanics*. 45:1893-1899.
23. Herzog W. 2014. Mechanisms of Enhanced Force Production in Lengthening (eccentric) Muscle Contractions. *Journal of Applied Physiology*. 116(11): 1407-17.

24. Higbie EJ, et al. 1996. Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *Journal of Applied Physiology*. 81:2173-2181.
25. Howatson G, Van Someren KA. 2008. The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage. *Sports Medicine*. 38:483-503.
26. Hubal MJ, Rubinstein SR, Clarkson PM. 2008. Muscle function in men and women during maximal eccentric exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 22:1332-1338.
27. Hume P, Marfell-Jones M. 2008. The importance of accurate site location for skinfold measurement. *Journal of Sports Science*. 26:1333-1340.
28. Jackson AS, et al. 1980. Generalized equations for predicting body density of women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 12: 75-82.
29. Kendal B, Eston R. 2002. Exercise-induced muscle damage and the potential protective role estrogen. *Sports Medicine*. 32:103-123.
30. Keeler LK, et al. 2001. Early-phase adaptations of traditional-speed vs. super slow resistance training on strength and aerobic in sedentary individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 15:309-314.
31. Kraemer WJ, et al. 1999. Effects of resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. *Journal of Applied Physiology*. 69:1442-1450.
32. Kraemer WJ, et al. 2002. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 34:364-80.
33. LaStayo PC, et al. 1999. Chronic eccentric exercise: improvements in muscle strength can occur with little demand for oxygen. *American Journal of Physiology*. 276:611-615.
34. LaStayo PC, et al. 2003. The positive effects of negative work: Increased muscle strength and decreased fall risk in a frail elderly population. *Journal of Gerontology*. 5:419-424.
35. LaStayo PC, et al. 2014. Eccentric exercise in rehabilitation: safety, feasibility, and application. *Journal Applied Physiology*. 116(1):1426-1434.

36. Lindstedt SL, LaStayo PC, Reich TE. 2001. When active muscle lengthen: properties and consequences of eccentric contractions. *News Physiology Science*. 16:256-61.
37. Mchugh M. 2003 Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 13:88-97.
38. Meylan C, Cronin J, Nosaka K. 2008. Isoinertial assessment of eccentric muscular strength. *Strength and Conditioning Journal*. 30:56-64.
39. Misic, M. M. et al. Muscle quality, aerobic fitness and fat mass predict lower-extremity physical function in community-dwelling older adults. *Gerontology*, v. 53, n. 5, p. 260- 6, 2007. ISSN 1423-0003. Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17446711> >.
40. Morgan, D.L., and D.G. Allen. 1999. Invited Review Article: Early Events in Stretch-Induced Muscle Damage. *Journal of Applied Physiology* 87(6): 2007-15.
41. Moritani T, DeVries HA. 1979. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *American Journal of Physical Medicine*. 58:115-130.
42. Narici MV, et al. 2003. Effect of aging on human muscle architecture. *Journal of Applied Physiology*. 95(6):2229-2234.
43. Nosaka K, Newton M. 2002. Difference in the Magnitude of Muscle Damage Between Maximal and Submaximal Eccentric Loading. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 16:202-208.
44. Proske U, Morgan DL. 2001. Muscle Damage from Eccentric Exercise: Mechanism, Mechanical Signs, Adaptation and Clinical Applications. *Journal of Physiology*. 537(2): 333-45.
45. Radaelli R, et al. 2012. Time course of strength and echo intensity recovery after resistance exercise in women. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 26(9):2577-2584.
46. RAJ IS, et al. 2012. Effects of eccentrically biased versus conventional weight training in older adults. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 44(6)1167-76

47. Reeves ND, Narici MV. 2003. Behavior of human muscle fascicles during shortening and lengthening contractions in vivo. *Journal of Applied Physiology*. 95:1090-1096.
48. Reeves ND; Narici MV; Maganaris CN. 2004. In vivo human muscle structure and function: adaptations to resistance training in old age. *Experimental Physiology*. 89(6) 675-689.
49. Roig M, et al. 2009. The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*. 43:556-68.
50. Roig M, et al. 2010. Preservation of eccentric strength in older adults: evidence, mechanisms and implications for training and rehabilitation. *Experimental Gerontology*. 45:400-409.
51. Schoenfeld BD. 2010. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24:2857-2872.
52. Startzell JK, et al. 2000. Stair negotiation in older people: a review. *Journal of the American Geriatric Society*. 48:567-580.
53. Tee JC, Bosch AN, Lambert MI. 2007. Metabolic consequences of exercise-induced muscle damage. *Sports Medicine*. 37:827-836.
54. Vallejo AF, et al. 2006. Cardiopulmonary response to eccentric and concentric resistance exercise in older adults. *Age Ageing*. 35:291-297.
55. Vaz MA, et al. 2013. Neuromuscular electrical stimulation (NMES) reduces structural and functional losses of quadriceps muscle and improves health status in patients with knee osteoarthritis. *Journal of Orthopedic Research*. 31: 511-516.
56. Watanabe Y, et al. 2013. Echo intensity obtained from ultrasonography images reflecting muscle strength in elderly men. *Clinical Interventions in Aging*. 8:993-998.
57. White JP, et al. 2008. Effect of carbohydrate-protein supplement timing on acute exercise-induced muscle damage. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 5(5):1-7.
58. Wilson JM, et al. 2009. Acute and timing effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) on indirect markers of skeletal muscle damage. *Nutrition Metabolic (Lond)*. 6(6):1-8.