

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

CLARISSA MÜLLER BRUSCO

EFEITO DO TREINAMENTO DE FLEXIBILIDADE SOBRE O DANO
MUSCULAR INDUZIDO POR EXERCÍCIO EXCÊNTRICO

Dissertação de Mestrado

Porto Alegre

2015

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

EFEITO DO TREINAMENTO DE FLEXIBILIDADE SOBRE O DANO
MUSCULAR INDUZIDO POR EXERCÍCIO EXCÊNTRICO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientador: Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto

Porto Alegre

2015

CIP - Catalogação na Publicação

Müller Brusco, Clarissa

Efeito do treinamento de flexibilidade sobre o dano muscular induzido por exercício excêntrico / Clarissa Müller Brusco. -- 2015.

81 f.

Orientador: Ronei Silveira Pinto.

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, 2015.

1. Treino de flexibilidade. 2. Alongamento. 3. Dor muscular tardia. I. Silveira Pinto, Ronei, orient. II. Título.

Clarissa Müller Brusco

EFEITO DO TREINAMENTO DE FLEXIBILIDADE SOBRE O DANO
MUSCULAR INDUZIDO POR EXERCÍCIO EXCÊNTRICO

Comissão de Avaliação:

Prof. Dr. Bruno Manfredini Baroni

Fundação Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre

Prof. Dr. Eduardo Lusa Cadore

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Mauro Heleno Chagas

Universidade Federal de Minas Gerais

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a muitas pessoas que fizeram parte desta trajetória, contribuindo de forma direta ou indireta neste trabalho.

O primeiro e mais importante agradecimento é direcionado aos meus pais Elvio e Lúcia, e meus irmãos Luciana e Giuliano, pelo apoio incondicional. Sem o apoio de vocês não teria sido possível ir tão longe como poucas vezes pensei que iria e todas as conquistas até hoje só foram possíveis devido a vocês. Além do apoio, pai e mãe, vocês são exemplos de que é possível ir longe quando se vai atrás dos sonhos. Aos primos próximos agradeço pelo companheirismo e incentivo, a simples companhia de vocês sempre alegre pois são pessoas especiais em minha vida. É uma sorte estar rodeada de pessoas tão boas.

Agradeço duas pessoas que fizeram parte da minha formação inicial, Ana Maria Klein e Sergio Stringhini, vocês me ensinaram o que é ter empenho, a batalhar pelos meus objetivos e que depois de uma queda deve-se levantar e tentar de novo. Da ginástica, com vocês aprendi ensinamentos que pude trazer para vida e tenho certeza que eles foram fundamentais para que eu me tornasse a pessoa que sou hoje.

Aos amigos, por terem me acompanhado de perto e de longe, pela torcida, paciência e todo incentivo. Algumas amigas são consideradas parte da minha família, Ju Netto, a amiga mais antiga, sempre longe e sempre perto. Lua, Fabi, Ju, Ana, meus presentinhos que a vida trouxe, vocês são mais que especiais, muito obrigada pelo companheirismo e pelo carinho. Giane e Dani, que me acompanha desde o início da graduação, obrigada por fazer parte dessa caminhada e torná-la mais leve.

Desde que entrei no GPTF fui muito bem acolhida pelos colegas e amigos, e estes se mostraram essenciais nessa jornada. Agradeço em especial algumas pessoas do grupo, primeiramente à Cintia Botton, que é mais do que colega de grupo, é uma grande amiga e que desde o início me incentivou, me fazendo acreditar que as coisas eram possíveis mesmo quando eu não tinha certeza. Companheira incondicional nas horas boas e nas difíceis, obrigada por fazer parte dessa trajetória. Fundamental também foi a ajuda do Regis

Radaelli, desde trocas de ideia para a construção, até a elaboração da fase final deste trabalho. Meu muito obrigada, tua ajuda foi fundamenta. Também agradeço ao Anderson Rech por todo apoio, e aos demais colegas de laboratório, Cristiano, Marcelo, Pedro, Felipe, pelo auxílio e paciência.

Aos voluntários que aceitaram participar desse trabalho e deram toda a sua colaboração e paciência, meu muito obrigada vocês são de fato a alma desse trabalho. Agradeço pela disponibilidade de vocês com os diversos, e por vezes longos, dias de coleta.

Agradeço a dois professores que foram fundamentais na minha formação acadêmica, à Claudia Lima por ser minha primeira orientadora, um modelo de professora e quem me ensinou muito. Ao Ronei Pinto, agradeço por acreditar no meu trabalho e depositar em mim total confiança. Teu incentivo foi essencial.

Aos professores que compõe a banca, Bruno Baroni, Eduardo Cadore e Mauro Chagas, agradeço por terem aceito o convite para participar deste momento, pela disponibilidade e pelas contribuições que certamente irão enriquecer este trabalho.

Também agradeço aos funcionários do LAPEX, desde o pessoal da limpeza até os da secretaria, sem vocês não é possível desenvolver nenhum estudo.

EPÍGRAFE

“Nada se pierde
Todo se transforma”
Jorge Drexler

RESUMO

É sugerido que sujeitos que apresentam uma musculatura mais rígida são mais suscetíveis ao dano muscular induzido pelo exercício (DMIE) do que aqueles indivíduos com musculatura mais complacente. Se através de um programa de treino de flexibilidade (TFlex) é possível tornar a musculatura mais complacente, é possível que um TFlex promova um efeito protetor sobre o DMIE? Desta forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito de seis semanas de treino de flexibilidade dos isquiotibiais utilizando um alongamento estático, e se as alterações provenientes desse treino são capazes de alterar a resposta de DMIE. **Métodos:** Participaram do estudo 10 homens (idade $23,6 \pm 3,9$ anos, massa corporal $77,6 \pm 12,5$ Kg, estatura $177,1 \pm 6,8$ cm, gordura corporal $16,0 \pm 8,2\%$), destreinados em força e flexibilidade. Como critério de inclusão, os sujeitos deveriam apresentar até 80° de ângulo de flexão de quadril em teste realizado de forma passiva. O estudo teve duração total de oito semanas, sendo que nas semanas inicial e final foram realizadas as avaliações pré e pós treinamento, e também na última semana foram feitas as avaliações referentes ao DMIE. Na segunda semana iniciava o programa de TFlex com duração de seis semanas sendo duas sessões de treino por semana. Todos os indivíduos participaram do TFlex, sendo que um dos membros participou do treinamento (MT) e o outro membro não fez treinamento e serviu como controle (MC). Todas as sessões de TFlex foram realizadas no dinamômetro isocinético e o protocolo utilizado foi de oito séries de 60 segundos cada, sendo que a amplitude de movimento era mensurada em cada dia de treino. Antes de iniciar o programa de treino foram realizadas duas sessões de teste. Na primeira sessão foram realizadas as avaliações antropométricas, familiarização dos indivíduos com os procedimentos de coleta e foram realizadas as avaliações de espessura muscular, *echo intensity*, amplitude de movimento de flexão de quadril (ADM_{Flex}), amplitude de extensão de joelho no dinamômetro isocinético (ADM_{Ext}), torque passivo máximo e relativo (TP_{Max} e $TP_{Relativo}$), contração isométrica voluntária máxima (CIVM) com simultânea aquisição de sinal eletromiográfico (EMG), pico de torque dinâmico (PT) e ângulo PT, e os mesmos testes foram reavaliados em uma nova sessão com pelo menos 48h de intervalo. Na semana imediatamente após o término do TFlex, foram realizadas as avaliações pós-treino de flexibilidade, e, também nessa semana foi avaliado o efeito do DIME nos momentos pré, 0h, 24h, 48h e 72h após o exercício excêntrico. **Resultados:** O TFlex provocou aumento significativo ($p < 0,05$) de ADM_{Flex} , ADM_{Ext} , e TP_{Max} apenas no MT. Não foram observadas diferença ($p > 0,05$) na CIVM, PT dinâmico, ângulo de PT, sinal EMG e espessura muscular em ambos os grupos do pré para o pós-treino. Após exercício excêntrico, foi observada significativa diminuição ($p < 0,05$) de PT dinâmico, CIVM, ADM_{Flex} e ADM_{Ext} , e significativo aumento ($p < 0,05$) da dor e espessura muscular do bíceps femoral e do semitendíneo. Foi observada alteração da *echo intensity* 72h apenas no semitendíneo não houve alteração no sinal EMG. Não foi encontrada diferença significativa ($p > 0,05$) entre MT e MC para as alterações provocadas pela DIME. **Conclusões:** o treino de flexibilidade provocou aumento de ADM e torque passivo máximo, o que sugere que o aumento da ADM tenha ocorrido por adaptações neurais. Porém o TFlex não foi capaz de conferir efeito protetor quanto ao DMIE.

Palavras-chave: alongamento, torque passivo, espessura muscular

ABSTRACT

It is suggested that subjects with stiff muscle are more susceptible to exercise induced muscle damage (EIMD) than those with more compliant muscle. If it is possible that the muscle become more compliant through a flexibility training (FT), is it possible to have a protective effect on EIMD? Therefore, the aim of the present study was to evaluate the effect of six weeks of hamstring flexibility training using static stretching, and if the changes from the training are able to alter EIMD response. **Methods:** Ten untrained in strength and flexibility, men took part (age 23.6 ± 3.9 years, body mass 77.6 ± 12.5 Kg, height 177.1 ± 6.8 cm, body fat $16.0 \pm 8.2\%$). As an inclusion criteria, the subjects should have until 80° of hip flexion on the passive straight-leg raise. The study lasted eight weeks, pre and post training evaluations took place in the first and in the last weeks, also in the last week EIMD evaluations were performed. In the second week, FT began with a total duration of six weeks with two training sessions per week. All subjects participated in the FT, wherein one limb took part of the training (TL) and the other limb participated as control (CON). All training sessions were performed in an isokinetic dynamometer and the protocol used was eight sets of 60 seconds each, and the ROM was determined in each training session. Before initiate the training program, two testing sessions were performed. In the first session, anthropometric evaluation, familiarization with the data collection procedures, muscle thickness, echo intensity, hip flexion range of movement (ROM_{Flex}), knee extension range of movement (ROM_{Ext}), maximum and relative passive torque (PT_{Max} and $PT_{Relative}$), maximal voluntary isometric contraction (MVIC) with simultaneous acquisition of electromyographic signal (EMG), dynamic peak torque (DPT) and peak torque angle were performed, and the same tests were reassessed in a new session with at least 48h interval. In the week immediately after the last FT session, post flexibility training were performed, and also in the final weeks was also evaluated the effects of EIMD, in pre, 0h, 24h, 48h and 72h post eccentric exercise. **Results:** FT induced significant ($p < 0.05$) increase in ROM_{Flex} , ROM_{Ext} and PT_{Max} only in the TL. It was not found difference ($p > 0.05$) in $PT_{Relative}$, MVIC, DPT, peak torque angle, EMG signal and muscle thickness in both groups from pre to post training. After eccentric exercise, significant decrease ($p < 0.05$) in DPT, MVIC, ROM_{Flex} , ROM_{Ext} , significant ($p < 0.05$) increase in pain, muscle thickness of the biceps femoris and of the semitendinosus, for both groups. Significant increase ($p < 0.05$) in echo intensity for semitendinosus after 72h were observed, and no significant ($p > 0.05$) difference were found in the EMG signal. It was not found difference ($p > 0.05$) in the alteration induced by EIMD between TL and CON. **Conclusions:** the flexibility training induced increase in ROM and PT, which suggests that these were neural adaptations. However, FT was not able to induce a protective effect on EIMD.

Key words: stretching, passive torque, muscle thickness

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Desenho experimental.....	30
Figura 2. Avaliação da espessura muscular do bíceps femoral	32
Figura 3. Avaliação da espessura muscular do semitendíneo	32
Figura 4. Suporte adaptado para o dinamômetro isocinético para apoio da coxa.....	35
Figura 5. Forma de utilização do suporte adaptado	35
Figura 6. Membro do sujeito apoiado no suporte adaptado durante teste de extensão de joelho, torque passivo e no treino de flexibilidade.....	35
Figura 7. Posicionamento no protocolo de alongamento na posição inicial do movimento.	38
Figura 8. Posicionamento no protocolo de alongamento na amplitude final do movimento.	38
Figura 9. Valores de contração isométrica voluntário máxima (CIVM), pré e pós dano muscular para o membro controle (MC) e membro treino (MT). *Diferença significativa para o momento pré ($p<0,05$).....	45
Figura 10. Valores de pico de torque dinâmico (PT), pré e pós dano muscular para o membro controle (MC) e membro treino (MT). *Diferença significativa para o momento pré ($p<0,05$).....	45
Figura 11. Valores de ângulo de pico de torque dinâmico (PT), pré e pós dano muscular para o membro controle (MC) e membro treino (MT). *Diferença significativa para o momento pré ($p<0,05$).....	46
Figura 12. Valores de atividade elétrica (EMG) do bíceps femoral, pré e pós dano muscular para o membro controle (MC) e membro treino (MT).*Diferença significativa para o momento pré ($p<0,05$).	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados de caracterização da amostra, apresnetados em média \pm DP	41
Tabela 2. Dados pré e pós- treino de amplitude de movimento de flexão de quadril (ADM_{Flex}), amplitude de movimento de extensão de joelhos no dinamômetro isocinético (ADM_{Ext}), torque passivo máximo (TP_{Max}), torque passivo relativo ($TP_{Relativo}$) (Nm), contração isométrica voluntária máxima (CIVM), ângulo de pico de torque dinâmico (PT), pico de torque (PT) e espessura muscular (EM), no membro treino (MT) e no membro controle (MC). Dados expressos em média \pm DP. *diferença significativa ($p < 0,05$) dos valores pré- treino.	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACSM	- <i>American College of Sports Medicine</i>
ADM	- Amplitude de movimento
ADM _{Flex}	- Amplitude de movimento no teste de flexão de quadril
ADM _{Ext}	- Amplitude de movimento no teste de extensão de joelho
C1VM	- Produção de força isométrica voluntária máxima
CK	- Creatina cinase
DMIE	- Dano muscular induzido pelo exercício
DMT	- Dor muscular tardia
DMT _{EVA}	- Dor muscular tardia avaliada através de escala visual analógica
DMT _{Pressão}	- Dor muscular tardia avaliada através de pressão
EM	- Espessura muscular
EMG	- Sinal eletromiográfico
ESEF	- Escola de Educação Física
FNP	- Facilitação neuromuscular proprioceptiva
LAPEX	- Laboratório de Pesquisa do Exercício
MC	- Membro controle
MT	- Membro que realizou treino de flexibilidade
TFlex	- Treino de flexibilidade
TP	- Torque Passivo
TP _{Max}	- Torque Passivo na máxima amplitude de movimento
TP _{Relativo}	- Torque Passivo na amplitude máxima de movimento do pré treino
PT	- Pico de torque
UFRGS	- Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
Objetivos.....	17
Objetivos Gerais.....	17
Objetivos Específicos	17
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
3. MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1 Problemas de Pesquisa	26
3.2 Método	26
3.3 População.....	26
3.4 Amostra	26
3.4.2. Critérios de Inclusão da Amostra	26
3.4.3 Critérios de Exclusão da Amostra	27
3.5. Definição Operacional das variáveis.....	27
3.5.1. Variáveis dependentes.....	27
3.5.2. Variáveis independentes	28
3.6 Protocolos de Avaliação	28
3.6.1 Desenho Experimental	30
3.7 Processos Metodológicos	31
3.7.1 Composição Corporal.....	31
3.7.2 Avaliação da Espessura Muscular	31
3.7.3 Avaliação de <i>Echo intensity</i>	32
3.7.4 Avaliação da Dor Muscular Tardia (DMT).....	33
3.7.5 Teste de Flexão de Quadril (ADM _{Flex})	33
3.7.6 Teste de Extensão de Joelho (ADM _{Ext}).....	34
3.7.7 Torque Passivo (TP).....	35
3.7.8 Avaliação de Produção de Força Isométrica Máxima (CIVM).....	36
3.7.9 Pico de torque dinâmico (PT).....	36
3.7.10 Ângulo de pico de torque concêntrico (ângulo PT)	37
3.7.11 Protocolo de treino de flexibilidade (TFlex)	37
3.7.12 Exercício de Força Excêntrico	38
3.7.13 Coleta do sinal Eletromiográfico (EMG).....	39

3.7.14 Tratamento dos Dados EMG	40
4. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	40
5. RESULTADOS	41
5.1 Caracterização da amostra	41
5.2 Treino de Flexibilidade	41
5.3 Dano muscular	44
6. DISCUSSÃO.....	53
6.1 Treino de flexibilidade.....	53
6.2 Treino de Flexibilidade e Dano Muscular	59
CONCLUSÕES	66
7. REFERENCIAS	67
8. ANEXOS.....	75

1. INTRODUÇÃO

É sugerido que o treino de flexibilidade (TFlex) é uma importante intervenção para adequada manutenção e melhoria de amplitude de movimento (ADM). O TFlex é realizado através de exercícios de alongamento que podem ser feitos de forma estática ou dinâmica e podem ser executados de forma ativa ou passiva (ACSM, 2011). Os efeitos do TFlex têm sido estudados sob diferentes perspectivas, e uma delas é a relação do TFlex com o dano muscular induzido por exercício excêntrico (DMIE) (LaRoche & Connolly; 2006; Eston et al., 2007; Chen et al., 2011a).

Algumas das adaptações que ocorrem em decorrência do TFlex são o aumento da ADM que é acompanhado de aumento do torque passivo nas maiores ADMs atingidas, podendo também ocorrer alterações da resistência passiva e alteração da primeira sensação de alongamento (Halbertsma & Goeken, 1994; Guissard & Duchateau, 2004; Ben & Harvey, 2010). Além disso, especula-se que pode haver aumento do número de sarcômeros em série, já tendo sido evidenciado em modelos animais, porém sem comprovação em humanos (Coutinho et al., 2004; Cox et al., 2000). É possível que alterações dessas variáveis possam interferir no DMIE, pois tem sido proposto que os sintomas de DMIE podem variar de acordo com a rigidez muscular (McHugh et al., 1999b). McHugh et al. (1999b) propuseram que o músculo quando é mais complacente pode agir de forma protetora sobre o DMIE por ser capaz de melhor absorver a tensão do alongamento ativo, limitando assim a tensão nas estruturas contráteis. Já a musculatura mais rígida seria mais suscetível ao DMIE após exercício excêntrico, pois não parece ser capaz de absorver bem a tensão imposta pelo alongamento ativo, resultando em maior DMIE. Assim, o nível de flexibilidade e, mais especificamente, a rigidez muscular do indivíduo são apontados como fatores determinantes para o DMIE (McHugh et al., 1999b). Portanto, se através do TFlex é possível aumentar a flexibilidade e reduzir a rigidez muscular, é provável que seja atenuada a magnitude do DMIE induzido pelo exercício excêntrico.

O DMIE causa prejuízos transitórios como perda de força, diminuição da amplitude de movimento (ADM) e a dor muscular tardia (DMT) (Newton et al.,

2008; Radaelli et al., 2012; Chen et al., 2013). Essas alterações podem perdurar por alguns dias, podendo interferir de forma negativa no desempenho neuromuscular e aumentar o risco de lesão. Por isso, têm sido investigadas diferentes modalidades, como o TFlex, que possam conferir um efeito protetor no músculo quanto ao DMIE. Estudos que propuseram avaliar os efeitos do TFlex sobre os marcadores de dano apresentam resultados contraditórios, há estudo mostrando que o TFlex não confere efeito protetor sobre o DMIE (Eston et al., 2007), enquanto outros encontraram algum efeito protetor em consequência do TFlex (LaRoche & Connolly, 2006; Chen et al., 2011a). LaRoche e Connolly (2006) relataram que após exercício excêntrico, aqueles sujeitos que realizaram TFlex foram capazes de manter a ADM e a tolerância ao alongamento, o que não foi observado após 5 semanas de TFlex em estudo de Eston et al. (2007). Já Chen et al. (2011a) observaram que o DMIE ocorreu em menor magnitude naqueles indivíduos que participaram do TFlex. Quando estudada a relação do TFlex com o DMIE, nota-se que existem poucos trabalhos acerca do tema, havendo grande variabilidade nos protocolos de alongamento entre estudos (LaRoche & Connolly, 2006; Eston et al., 2007; Chen et al., 2011a).

Através da análise dos estudos sobre os efeitos do TFlex no DMIE, é possível observar que algumas variáveis importantes de serem controladas quando se estuda TFlex não têm ganhado a devida atenção, como, por exemplo, o controle da ADM ao longo das sessões de treino e a análise das adaptações referentes ao torque passivo (TP). Observa-se também que os estudos avaliando a influência do TFlex no DMIE não fazem utilização de avaliação da recuperação muscular por imagens de ultrassom. Por tanto, avaliar os efeitos induzidos pelo treino de flexibilidade sobre parâmetros de recuperação muscular possibilita o melhor conhecimento sobre o tema, o que pode vir a auxiliar na orientação dos atletas e sujeitos em geral durante a prática de profissionais da área de saúde e do esporte.

Objetivos

Objetivo Geral

Avaliar o efeito de seis semanas de treino de flexibilidade dos músculos isquiotibiais utilizando o alongamento estático, e se as alterações provenientes desse treino são capazes de alterar a resposta de dano muscular induzido por exercício executado por este grupo muscular.

Objetivos Específicos

- Analisar o efeito do treino de flexibilidade sobre: amplitude de movimento (ADM), espessura muscular, torque passivo máximo (TP_{Max}), torque passivo relativo ($TP_{Relativo}$) contração isométrica voluntária máxima (CIVM), pico de torque dinâmico (PT), ângulo de pico de torque dinâmico e atividade eletromiográfica (EMG) durante CIVM e TP dos isquiotibiais antes e após um período de treino de flexibilidade estática de seis semanas de duração;
- Comparar o comportamento dos marcadores indiretos de dano muscular: imagens de *echo intensity* e espessura muscular, dor muscular tardia (DMT), ADM, CIVM, PT dinâmico, ângulo de pico de torque e atividade EMG durante CIVM dos músculos isquiotibiais de adultos jovens antes e após (0h, 24h, 48h e 72h) exercício de força excêntrico;
- Comparar o comportamento dos marcadores de DMIE induzido por exercício excêntrico entre o membro que realizou seis semanas de treino de flexibilidade estática e o membro que não o realizou.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A realização de exercícios de alongamento tem sido explorada sob perspectivas agudas, através da análise dos efeitos imediatos do alongamento, e sob perspectivas crônicas, através da avaliação dos efeitos da realização sistemática de exercícios de alongamento, de forma a configurar um programa de treino de flexibilidade (TFlex) (Guissard & Duchateau, 2004; Ben & Harvey, 2010; Nakamura et al., 2012; Mizuno et al., 2013). Tanto os efeitos agudos do alongamento quanto os efeitos crônicos do TFlex são estudados buscando melhor compreender de que forma ocorrem as adaptações e como essas alterações podem repercutir na performance e recuperação muscular.

Respostas agudas

A realização de exercícios de alongamento promove alterações agudas e transitórias, e o tempo de duração dessas alterações pode variar de acordo com o tempo de realização do protocolo de alongamento (Mizuno et al., 2013). É possível observar que imediatamente após a realização de alongamento estático há aumento da ADM, diminuição da resistência passiva e também é referido que ocorre alteração da primeira sensação de alongamento (Cabido et al., 2014).

Uma das causas atribuídas à alteração aguda da ADM é o aumento da tolerância do indivíduo ao alongamento, desta forma ele consegue atingir maior ADM, porém com aumento do torque passivo na máxima amplitude (Magnusson et al., 1996a; Magnusson et al., 1996c). Cabido et al. (2014) relataram aumento da ADM dos músculos isquiotibiais após realização de 5 séries de 30 segundos de alongamento estático, e foi também observada diminuição da resistência passiva, calculada pela inclinação da terceira parte da curva torque passivo e ADM. Ainda, foi reportado aumento da primeira sensação de alongamento para maiores amplitudes articulares (Cabido et al., 2014), o que demonstra que o protocolo utilizado provocou alterações que permitiram à unidade músculotendínea oferecer menor resistência ao alongamento, possibilitando atingir maiores ADMs. Mizuno et al. (2013)

utilizaram protocolo de alongamento estático de 5 séries de 60 segundos para os músculos flexores plantares, e encontraram aumento da ADM imediatamente após, acompanhado de aumento do torque passivo na máxima ADM, sendo essas alterações mantidas por até 30 minutos.

Magnusson et al. (1995) demonstraram que através da realização de alongamento estático intermitente, sendo 5 séries com duração de 90 segundos cada, produziram diminuição do torque passivo nos músculos isquiotibiais. Ao longo das cinco séries houve diminuição da resistência passiva, porém essa diminuição foi sendo reduzida ao longo das séries (Magnusson et al., 1995). Posteriormente, propondo protocolo de alongamento que mais se assemelha à prática diária, Magnusson et al. (2000a) testaram três séries com 45 segundos de duração e 30 segundos de intervalo entre eles para os isquiotibiais. Foi encontrada pequena diminuição na resistência passiva ao longo das séries, porém cada uma das séries de alongamento estático com duração de 45 segundos não foi capaz de produzir efeito sobre a série subsequente, ou seja, não foi capaz de causar diminuição da resistência passiva na série seguinte. O que indica que esse protocolo de alongamento não tem efeitos em curto prazo sobre as propriedades viscoelásticas do músculo. Da mesma forma, McNair et al. (2001) não encontraram diminuição na resistência passiva com o alongamento. Os tempos de alongamento utilizados no estudo foram de 60, 30 e 15 segundos e a amplitude de movimento utilizada foi de 80% da ADM máxima dos flexores plantares. É possível que a intensidade do alongamento assim como o baixo tempo de realização, não tenham sido suficientes para promover redução da resistência passiva. Desta forma, parece que o tempo de realização do alongamento, bem como a intensidade com que é realizado, são importantes para a resposta da rigidez muscular.

Apesar de as alterações agudas provocadas pelo alongamento estarem documentadas em diversos estudos, os mecanismos responsáveis pelo aumento agudo da ADM ainda não são completamente entendidos. Fatores como alterações nas propriedades biomecânicas e na tolerância ao alongamento podem contribuir para o rápido aumento da ADM. Assim, tanto

fatores mecânicos quanto sensoriais estariam envolvidos no processo (Cabido et al., 2014).

Respostas crônicas

Uma das adaptações observadas com o TFlex é o aumento da ADM, que é acompanhado de aumento do torque passivo nas maiores ADMs atingidas (Halbertsma & Goeken, 1994; Ben e Harvey, 2010). Da mesma forma que as respostas agudas ao alongamento, os mecanismos responsáveis pelo aumento da ADM ainda não estão bem estabelecidos. É reportado na literatura que pode ocorrer tanto por fatores sensoriais, como aumento da tolerância ao alongamento, quanto por fatores mecânicos, como diminuição da rigidez muscular (Akagi & Takahashi, 2014).

Alguns autores afirmam que o aumento da ADM ocorre em consequência da diminuição da rigidez muscular (Guissard & Duchateau, 2004; Nakamura et al, 2012; Akagi & Takahashi, 2014). Akagi e Takahashi (2014) reportaram aumento da ADM passiva acompanhada de diminuição da rigidez muscular após cinco semanas de TFlex para os flexores plantares. Também avaliando os flexores plantares, Guissard e Duchateau (2004) reportaram diminuição da resistência passiva após 30 sessões de TFlex. Marshall et al. (2011) realizaram quatro semanas de treinamento para os isquiotibiais e reportaram aumento da ADM acompanhado de redução da rigidez passiva e não reportaram alteração na tolerância ao alongamento.

Magnusson et al. (1996c) atribuem o aumento da tolerância ao alongamento como sendo o mecanismo responsável pelo aumento da ADM dos isquiotibiais e não a alterações nas propriedades mecânicas ou viscolásticas dos músculos. Isso porque os autores observaram aumento da ADM porém sem alteração no comprimento-tensão passiva ou relaxamento do estresse viscolástico (Magnusson et al., 1996c). Da mesma forma, Ben e Harvey (2010) também atribuem o aumento da ADM ao aumento da tolerância ao alongamento. Após o período de seis semanas de TFlex, os sujeitos foram capazes de suportar maior torque de alongamento, em maiores amplitudes de movimento, com a mesma percepção de dor pré-treino (Ben & Harvey, 2010).

Outra adaptação atribuída ao TFlex é o aumento do número de sarcômeros em série, porém tais adaptações foram evidenciadas apenas em modelos animais, (Coutinho et al., 2004; Cox et al., 2000), não havendo, todavia, evidências concretas em humanos devido a dificuldades metodológicas para avaliação direta dessa variável. Uma forma de avaliação indireta é através do ângulo de pico de torque concêntrico. Um deslocamento do ângulo de pico de torque, após período de treino, em direção a maiores amplitudes articulares sugere a ocorrência de aumento do número de sarcômeros em série (Brockett, Morgan & Proske, 2001; Proske & Morgan, 2001). Devido a este aumento, quando o músculo está sendo ativado em grande alongamento, mais sarcômeros estariam funcionando perto de seu comprimento ótimo (Morgan 1990).

Dano Muscular

O dano muscular induzido por exercício (DMIE) está associado a microlesões no tecido musculoesquelético, como ruptura de sarcômeros nas miofibrilas, seguido por processo inflamatório e dor muscular tardia (DMT) (Clarkson & Sayers 1999; Proske & Morgan 2001). Inicialmente, o DMIE é gerado por um estresse mecânico (dano primário) e posteriormente, ocorrem os processos inflamatórios (dano secundário), como as alterações na homeostase do cálcio, que desencadeiam uma série de processos de degradação de proteínas que causam a desintegração de estruturas da fibra muscular, como o sarcoplasma e o retículo endoplasmático, sendo que a linha Z é a que mais sofre prejuízos (Morgan & Allen, 1999; Nosaka et al. 2005). Ainda, o DMIE causa prejuízos funcionais, uma vez que desencadeia o processo de DMT, perda de força, prejuízo na ADM, edema do membro que realizou a ação, devido ao inchaço muscular resultante do processo inflamatório. Estas características estão associadas ao DMIE e frequentemente são avaliadas como marcadores indiretos de dano (Nosaka et al., 2005; Newton et al., 2008; Radaelli et al., 2012; Chen et al., 2013). Observa-se que os marcadores de DMIE têm seus picos em diferentes tempos, sendo que a DMT apresenta valores mais elevados de 24 horas a 48 horas após o exercício e a força apresenta maiores quedas até 24 horas após, porém essas

alterações podem permanecer ainda por diversos dias (Clarkson & Hubal, 2002).

O DMIE ocorre principalmente em ações musculares ao qual não se está habituado, quando há incremento de intensidade ou de volume no treino de força e principalmente em ações musculares excêntricas (Fridén & Lieber, 2001). O DMIE induzido por exercício excêntrico é gerado por um estresse mecânico causado pela maior tensão empregada nas contrações excêntricas e pelo alongamento a que a fibra é submetida (Nosaka et al., 2005). O nível de força produzido durante a contração é um fator importante para determinar a magnitude do dano muscular (Fridén & Lieber, 2001), visto que, as contrações excêntricas são capazes de produzir maior força do que contrações concêntricas e isométricas, as mesmas irão produzir maior DMIE (Fridén & Lieber, 2001). Durante as contrações excêntricas um menor número de unidades motoras é recrutado em relação às contrações concêntricas e isométricas de forma que maior força é produzida por unidade motora, o que é compensado pela produção de força por elementos estruturais passivos como a titina (Enoka, 1996; Herzog, 2014). Além disso, durante as contrações excêntricas ocorre alongamento das fibras musculares, e nesse processo pode ocorrer alongamento excessivo dos sarcômeros mais fracos, induzindo ao dano da estrutura do sarcômero e da membrana plasmática (Proske & Allen, 2005). O dano intracelular está associado a alterações na estrutura do sarcômero, principalmente nas linhas Z, pois elas são as estruturas mais vulneráveis ao DMIE (Fridén & Lieber, 2001).

Os prejuízos funcionais transitórios que acompanham o DMIE implicam em queda no desempenho esportivo no período em que o DMIE se manifesta. Visando atenuar as quedas de desempenho, têm sido investigadas possíveis formas de atenuar o DMIE. Há evidências na literatura que indicam que sujeitos treinados em força sofrem menos DMIE que indivíduos destreinados (Newton et al., 2008). Da mesma forma, tem sido investigado se o treino de flexibilidade pode interferir na magnitude de DMIE, tendo sido reportados na literatura resultados contraditórios (LaRoche e Connolly, 2006; Eston et al., 2007; Chen et al., 2011a).

Treino de flexibilidade como forma de interferir no dano muscular

A flexibilidade é um dos componentes da aptidão física (ACSM, 2011), e um aspecto investigado acerca deste tema é a influência do treino de flexibilidade sobre o DMIE. O nível de flexibilidade do indivíduo e a rigidez muscular são apontados como fatores determinantes para o DMIE (Eston et al., 2007). Portanto, se através do treino de flexibilidade é possível reduzir a rigidez muscular, é provável que seja atenuada a magnitude do DMIE induzido pelo exercício excêntrico (Chen et al., 2011a). Outra adaptação desejável do treino de flexibilidade, que pode ter efeito protetor sobre o DMIE, é o aumento do número de sarcômeros em série. Através desse aumento é possível que a tensão ao longo do músculo durante as contrações excêntricas diminua, atenuando a magnitude do DMIE (McHugh et al., 1999a). Tem sido sugerido que devido ao aumento do número de sarcômeros em série, o músculo será capaz de manter a sobreposição dos miofilamentos em maiores comprimentos durante contrações excêntricas, o que limitaria o DMIE. Não há indícios claros na literatura que comprovem que através do treino de flexibilidade ocorra aumento dos sarcômeros em série em humanos, porém em modelos animais essa adaptação já está documentada (Coutinho et al., 2004; Cox et al., 2000).

McHugh et al. (1999b) propuseram que os sintomas de DMIE podem variar de acordo com a rigidez muscular de cada indivíduo. O músculo quando é mais complacente age de forma protetora sobre o DMIE, enquanto a musculatura mais rígida parece ser mais suscetível ao DMIE após exercício excêntrico (McHugh et al., 1999b). Maior perda de força, dor, sensibilidade muscular e concentração sérica mais elevada de creatina cinase (CK) podem ocorrer em sujeitos com maior rigidez muscular, indicando que sujeitos com o músculo mais complacente são menos suscetíveis ao DMIE (McHugh et al., 1999b). Quando o músculo é alongado durante as contrações excêntricas, a tensão imposta pela sobrecarga é transferida para as fibras musculares, resultando em maior tensão nas estruturas contráteis. Uma maior rigidez do complexo tendão- aponeurose pode tornar o tendão do músculo rígido incapaz de absorver a tensão imposta pelo alongamento ativo. No músculo mais complacente, o tendão é capaz de absorver a tensão do alongamento ativo, limitando assim a tensão nas estruturas contráteis (McHugh et al., 1999b).

Assim, através de adaptações promovidas pelo TFlex, é possível que este confira efeito protetor sobre o DMIE?

Buscando avaliar os efeitos do TFlex sobre o DMIE, Eston et al. (2007) realizaram cinco semanas de TFlex facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP) para isquiotibiais, com frequência semanal de duas sessões, após o período de TFlex foi executado exercício excêntrico induzindo dano e não foi observado efeito protetor. LaRoche e Connolly (2006) realizaram TFlex estático e balístico durante quatro semanas para isquiotibiais, sendo três sessões semanais, e relataram manutenção da ADM e da tolerância ao alongamento após exercício excêntrico, indicando pequeno efeito protetor sobre o dano. Ainda, relataram aumento do pico de torque passivo, indicando que os sujeitos se tornaram capazes de suportar maior tensão muscular passiva após período de treino, sendo essa a possível justificativa para o aumento da ADM. Realizando TFlex também para os isquiotibiais, com maior tempo de duração (oito semanas), Chen et al. (2011a) utilizaram alongamento FNP e estático em dois grupos distintos e encontraram efeito protetor quanto ao DMIE nos dois grupos de treino quando comparados com um grupo que não realizou TFlex.

Alterações na resistência passiva podem ser observadas após período de TFlex e tem sido bastante exploradas na literatura (Guissard & Duchateau, 2004; Nakamura et al., 2012; Akagi & Takahashi, 2014) porém poucos estudos têm explorado a relação das alterações na rigidez muscular provocadas pelo TFlex com o DMIE. Tem-se o conhecimento apenas do estudo de LaRoche e Connolly (2006) que realizaram essa avaliação através do teste em dinamômetro isocinético. A avaliação dessa variável permite ao pesquisador maior conhecimento sobre as alterações provenientes o TFlex para assim relacionar com o DMIE.

Um aspecto pouco controlado nos estudos envolvendo treino de alongamento e DMIE é o pouco controle da ADM atingida durante a realização dos protocolos de alongamento. Na maioria dos estudos, tal controle tem sido feito de forma subjetiva através da sensação de dor do indivíduo, não havendo controle preciso da amplitude atingida. A ADM pode ser controlada durante a realização do alongamento através da utilização de um goniômetro ou até mesmo realizando o protocolo em dinamômetro isocinético. A utilização desses

equipamentos permite ao pesquisador avaliar e controlar de forma mais precisa a amplitude de movimento atingida pelo indivíduo. Nos estudos sobre DMIE a utilização de imagens obtidas através de ultrassom tem sido bastante difundida para análise do dano. Porém, chama a atenção o fato de que os estudos que avaliam a relação do DMIE com o alongamento não tem utilizado a ultrassonografia. Esta técnica é uma importante ferramenta para a análise da recuperação muscular e sua utilização em trabalhos que buscam os efeitos do alongamento sobre a recuperação do DMIE deve ser realizada (Chen et al., 2011b; Radaelli et al., 2012).

Enfim, existem lacunas quanto à influência do treino de flexibilidade sobre o DMIE, assim, não está bem estabelecido na literatura se as adaptações crônicas promovidas pelo TFlex podem interferir na recuperação muscular. A realização do treinamento controlado, avaliando as adaptações provenientes do programa de treino pode auxiliar a melhor entender os possíveis mecanismos pelos quais o treino de flexibilidade pode interferir na recuperação muscular. Assim, o presente trabalho pretende verificar os efeitos crônicos do alongamento sobre a recuperação do DMIE.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Problemas de Pesquisa

As adaptações provenientes de seis semanas de treino de flexibilidade são capazes de influenciar a resposta de dano muscular induzido por exercício excêntrico?

3.2 Método

Este é um estudo do tipo quase experimental.

3.3 População

A população estudada foi de homens, entre 18 e 30 anos que não praticavam treinamento de força e flexibilidade.

3.4 Amostra

A amostra foi do tipo não aleatória voluntária, composta por 10 sujeitos do sexo masculino.

Foram adotadas como estratégias para recrutamento da amostra:

- Envio de email para todos os alunos dos cursos de graduação e pós-graduação da ESEF/ UFRGS;
- Cartazes e anúncios colocados pela ESEF (anexo 1);
- Comunicação oral e indicação.

Após entrevista inicial os voluntários que se adequaram aos critérios de inclusão compareceram ao LAPEX da ESEF/UFRGS em datas e horários pré-estabelecidos para as sessões de testes e de treinamento.

3.4.2. Critérios de Inclusão da Amostra

- Homens jovens com idade entre 18 e 30 anos;

- Saudáveis (sem limitações físicas ou problemas musculoesqueléticos, que contra indicassem a realização de exercícios de força e flexibilidade);
- Não apresentarem histórico de lesões e cirurgia envolvendo as articulações do quadril, joelho e tornozelo, bem como não apresentarem lesões musculares na coxa no ano que antecedeu as coletas de dados;
- Não estar participando regularmente de treinamento esportivo, treino aeróbico, treino de força ou treino de flexibilidade nos três meses que antecederam as coletas de dados (Chen et al., 2011a);
- Não ter sido praticante de alguma modalidade que envolva o treinamento de flexibilidade como por exemplo ballet, ginástica artística, etc.;
- O indivíduo apresentar mobilidade normal dos músculos posteriores da coxa. O resultado do teste de flexão de quadril realizado de forma passiva deveria ser até 80° do ângulo de flexão de quadril (Kendall et al., 2007) para ambos os membros.

3.4.3 Critérios de Exclusão da Amostra

- Ingestão de bebida alcoólica, medicamentos relaxantes musculares e a realização de terapias no período de coleta de dados com dano muscular (avaliações pré e pós-treino);
- O sujeito não comparecer a três sessões consecutivas de treino de flexibilidade;
- O sujeito iniciar em programa regular de exercícios físicos envolvendo os membros inferiores no período de treino;

3.5. Definição Operacional das variáveis

3.5.1. Variáveis dependentes

- ADM no teste de flexão de quadril (ADM_{Flex});

- ADM no teste de extensão de joelho (ADM_{Ext});
- Espessura muscular dos músculos bíceps femoral e semitendíneo;
- *Echo intensity* dos músculos bíceps femoral e semitendíneo;
- Dor muscular tardia avaliada com uma escala visual analógica (DMT_{EVA}) dos músculos isquiotibiais;
- Dor muscular tardia avaliada através de pressão ($DMT_{Pressão}$) dos músculos isquiotibiais;
- Torque passivo máximo dos músculos isquiotibiais (TP_{Max});
- Torque passivo relativo dos músculos isquiotibiais ($TP_{Relativo}$);
- Pico de torque isométrico avaliado durante o teste de produção de força em contração isométrica voluntária máxima (CIVM) dos flexores de joelho;
- Pico de torque dinâmico concêntrico dos isquiotibiais (PT)
- Ângulo de pico de torque dinâmico dos isquiotibiais (ângulo PT);
- Atividade eletromiográfica (EMG) dos músculos bíceps femoral e semitendíneo durante a realização da CIVM e torque passivo;

3.5.2. Variáveis independentes

- Protocolo de exercício de força excêntrico;
- Protocolo de treino de flexibilidade estática realizado durante seis semanas.

3.6 Protocolos de Avaliação

Na primeira visita os sujeitos foram informados sobre os procedimentos metodológicos desta investigação, concordando em participar, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (anexo 2), preencheram seus dados (anexo 3) e responderam a um questionário de informações prévias (anexo 4), além de terem realizado as avaliações de composição corporal.

Ainda no mesmo dia foi realizada a familiarização com os procedimentos das avaliações e logo após foram realizadas as avaliações (avaliações pré-treino 01). As mesmas foram reavaliadas em uma nova sessão (avaliações pré-treino 02) com pelo menos 48h de intervalo. Os dois membros dos sujeitos foram avaliados pré e pós- treino, porém apenas um membro foi designado, de forma pareada, para realizar o protocolo de TFlex (MT), enquanto o outro membro foi controle (MC) (Chan et al., 2001; Akagi & Takahashi, 2014). Os membros dos indivíduos foram alocados nos grupos (MT e MC) de forma pareada conforma a ordem em que começavam sua participação no estudo, de forma que alguns tiveram o membro dominante no MT e alguns tiveram o membro dominante no MC. O TFlex teve início na semana após as avaliações pré-treino 02 e teve duração de seis semanas com frequência de duas sessões semanais. Na semana imediatamente após o término do período de treino, os voluntários fizeram as avaliações pós-treino, além de terem realizado protocolo de exercício excêntrico e avaliações 0h, 24h, 48h e 72h após exercício excêntrico. Ambos os membros dos indivíduos foram avaliados nas avaliações pré e pós TFlex, e também no protocolo de DMIE.

Grupos de treino:

- Treino de flexibilidade estática (MT): membro que realizou o treino de flexibilidade estática passiva;
- Controle (MC): membro que não realizou o treino de flexibilidade, porém fez as mesmas avaliações do MT.

Avaliações pré e pós- treino:

- Espessura muscular das imagens obtidas por ultrassonografia dos músculos isquiotibiais, ADM_{Flex} e ADM_{Ext} , TP_{Max} , $TP_{Relativo}$, CIVM com simultânea coleta de sinal EMG, PT dinâmico e ângulo PT.

Avaliações pré e 0h, 24h, 48h e 72h após exercício de força excêntrico:

- Espessura muscular e *echo intensity* das imagens obtidas por ultrassonografia dos músculos isquiotibiais, DMT_{EVA} , $DMT_{Press\tilde{a}o}$, ADM_{Flex} , ADM_{Ext} , CIVM com simult\~anea coleta de sinal EMG, PT din\~amico e \~angulo PT;

Treino de flexibilidade:

- Foram realizadas duas sess\~oes semanais de treino de flexibilidade no dinam\~ometro isocin\~etico, durante um per\~odo de seis semanas, apenas para o membro pr\~e- determinado.

3.6.1 Desenho Experimental

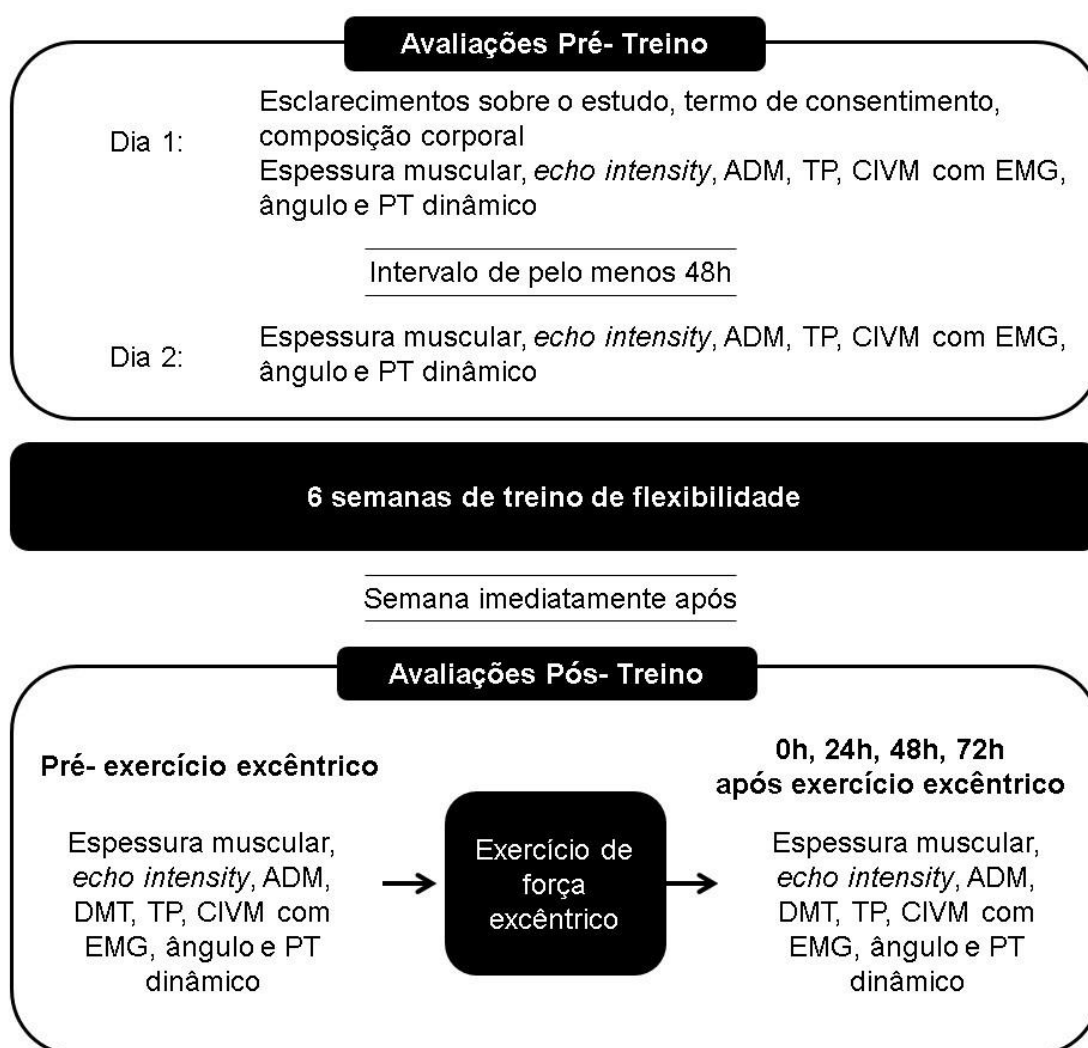


Figura 1. Desenho experimental

3.7 Processos Metodológicos

3.7.1 Composição Corporal

A massa corporal foi obtida por meio de uma balança digital, sendo que os sujeitos foram instruídos a vestir roupas leves, de preferência sunga ou calção.

Para a determinação da densidade corporal utilizou-se o protocolo de três dobras cutâneas, proposto por Jackson e Pollock (1978), sendo mensuradas as seguintes dobras: peitoral, abdominal e coxa. Antes da medição, os pontos anatômicos foram marcados com caneta dermatográfica. Realizaram-se três medidas não consecutivas para cada dobra, sendo utilizada a média ou a medida repetida de cada dobra para o cálculo do percentual de gordura (anexo 5) (apud, Heyward & Stolarczyk, 2000).

3.7.2 Avaliação da Espessura Muscular

Para a obtenção das imagens utilizou-se um aparelho de ultrassonografia (Toshiba, VMI, Japão), sendo a imagem obtida em B-modo, com transdutor linear (58 mm) e com frequência de 8 MHz.

Para a obtenção das imagens do bíceps femoral e do semitendíneo os sujeitos permaneceram deitados em decúbito ventral com membros inferiores repousados e relaxados por pelo menos 10 minutos. A mensuração da EM foi realizada em pontos específicos: ambos os membros foram mensurados a 50% da distância entre o trocânter do fêmur e o epicôndilo lateral da tíbia (Blackburn et al., 2009; Blackburn et al., 2014).

Foi utilizado um gel à base de água, que promove um contato acústico sem a necessidade de causar pressão com o transdutor sobre a pele. Aplicou-se o gel sobre o local da avaliação e o transdutor foi posicionado perpendicularmente à musculatura avaliada. Através da ultrassonografia obtiveram-se três imagens dos músculos de interesse. Na imagem obtida, identificou-se o tecido muscular compreendido entre as interfaces de tecido adiposo, sendo a distância entre esses tecidos definida como a espessura muscular (figuras 2 e 3). A análise das imagens foi realizada no *software*

Image-J (version1.37, National Institutes of Health, USA) e foi utilizado para posterior análise dos dados a média do valor obtido das três imagens adquiridas.

Cada um dos pontos foi marcado com uma caneta demográfica e, além disso, foi feito um mapa com folhas de transparências dos pontos para assegurar que o local da obtenção das imagens foi o mesmo nos diferentes dias de avaliação (Narici et al., 1989) e todas imagens foram coletadas pelo mesmo avaliador.



Figura 2. Avaliação da espessura muscular do bíceps femoral



Figura 3. Avaliação da espessura muscular do semitendíneo

3.7.3 Avaliação de *Echo intensity*

A mensuração da *echo intensity* para avaliação do dano muscular foi obtida através da ultrassonografia, utilizando as mesmas imagens obtidas na avaliação da espessura muscular e a quantificação foi realizada no *software* Image-J (version1.37, National Institutes of Health, USA). Delimitou-se a maior área do músculo, sem considerar fâscias e osso, e a análise foi baseada em um histograma de escala de cinza onde 0 é preto e 255 é branco, conforme tem sido realizado em trabalhos prévios do nosso laboratório (Radaelli et al., 2012 e 2014). Foram avaliados os músculos bíceps femoral e semitendíneo.

3.7.4 Avaliação da Dor Muscular Tardia (DMT)

Para quantificação de dor muscular dos músculos isquiotibiais nas avaliações pré e pós- exercício excêntrico foram utilizados dois métodos: escala visual analógica (DMT_{EVA}) e aplicação de pressão (DMT_{Pressão}).

A classificação do nível de DMT de cada sujeito através da escala visual analógica (DMT_{EVA}) foi realizada através de marcação do nível de dor em uma escala de 0 a 100 mm de comprimento, em que 0 mm representará sem dor e 100 mm representará a pior dor possível após uma ação ativa de flexão e extensão do joelho com o sujeito em pé (Chen et al., 2011a).

A quantificação da DMT foi também realizada com aplicação de pressão (DMT_{Pressão}) com a utilização de um algômetro (PDT - Pain, Diagnostic & Treatment) que era posicionado sobre a parte central posterior da coxa dois terços do comprimento da prega glútea até a articulação do joelho (Johansson et al., 1999). O sujeito era posicionado em decúbito ventral, pressão crescente era aplicada com o algômetro e o indivíduo informava o momento em que começava sentir dor. Nesse momento o teste era interrompido e a medida de força aplicada indicada no aparelho era anotada. O teste foi realizado duas vezes, sendo utilizado para análise o valor médio das duas tentativas (Johansson et al., 1999; Paddon-Jones et al., 2004). Ambas as formas de avaliação da DMT eram realizadas antes e após o exercício de força excêntrico e nos três dias subsequentes.

3.7.5 Teste de Flexão de Quadril (ADM_{Flex})

O teste flexão de quadril com o joelho estendido foi utilizado para avaliar a ADM como critério de inclusão na sessão de familiarização. O mesmo também foi realizado nos momentos pré e pós período de treino, e nas avaliações pré e pós exercício excêntrico.

O teste foi realizado em ambos os membros separadamente, sendo o teste feito de forma unilateral (Kendall et al., 2007). A posição inicial do indivíduo era de decúbito dorsal com os joelhos estendidos e o membro não avaliado foi estabilizado com uma tira de velcro, a fim de evitar movimentos compensatórios. Um avaliador moveu o membro a ser avaliado em uma ação

de flexão do quadril com o joelho estendido até a máxima amplitude tolerada e indicada pelo sujeito, e outro avaliador posicionou o goniômetro na articulação do quadril para fazer a medição.

3.7.6 Teste de Extensão de Joelho (ADM_{Ext})

O teste de extensão de joelho foi realizado no dinamômetro isocinético Cybex Norm (Ronkonkoma, NY, USA). O sujeito era posicionado sentado com as costas apoiadas no banco do equipamento, seu tronco estabilizado com tiras de velcro e o equipamento ajustado individualmente. A ação realizada foi de extensão de joelho, sendo a posição inicial com o joelho flexionado a 90° (sendo 0° extensão completa) e o pesquisador movia o segmento do sujeito (Akagi & Takahashi, 2014), que estava estabilizado na haste do dinamômetro isocinético, de forma lenta na ação de extensão do joelho até atingir a máxima amplitude indicada pelo indivíduo quando ele referisse que era seu máximo tolerado. Durante a realização do teste o indivíduo era instruído a deixar o segmento o mais relaxado possível. O teste era realizado apenas uma vez. O membro avaliado foi testado na seguinte posição:

- Sentado com o ângulo do quadril a ser avaliado posicionado a 30° de flexão acima da horizontal e apoiado no suporte adaptado do equipamento (figuras 4, 5), criando um de 120° de flexão de quadril (figura 6).

O teste de ADM_{Ext} foi realizado para estipular a amplitude de movimento em que foi avaliado o torque passivo e em todos os dias de treino para estipular a amplitude da sessão de treino.



Figura 4. Suporte adaptado para o dinamômetro isocinético para apoio da coxa.



Figura 5. Forma de utilização do suporte adaptado.



Figura 6. Membro do sujeito apoiado no suporte adaptado durante teste de extensão de joelho, torque passivo e no treino de flexibilidade.

3.7.7 Torque Passivo (TP)

O torque passivo foi avaliado no modo passivo do dinamômetro isocinético Cybex Norm (Ronkonkoma, NY, USA), sendo que simultaneamente obteve-se a curva torque- ângulo, a qual foi constituída a partir dos valores exportados do dinamômetro isocinético para a placa analógico-digital do sistema Miotool 800 Wireless (Miotec Equipamentos Biomédicos, Porto Alegre, RS, Brasil). De forma sincronizada e no mesmo sistema acima referido foi coletado o sinal EMG para assegurar de que não houve contração muscular indesejada durante a realização do teste (Nordez et al., 2008).

O sujeito foi posicionado conforme descrito no item anterior, e foi instruído a deixar seu segmento o mais relaxado possível e a não oferecer resistência ao movimento da haste do dinamômetro isocinético. A haste do

equipamento movia o segmento do sujeito na velocidade de 5°/s até a amplitude máxima estipulada e o teste era realizado uma única vez. Na posição inicial o joelho foi flexionado a 90°, e estipulou-se a amplitude máxima através de teste de ADM_{Ext} diariamente para cada indivíduo. Para a análise dos dados foi utilizado o valor de torque passivo na maior ADM_{Ext} atingida (TP_{Max}) para avaliar a tolerância ao alongamento. A mesma ADM_{Ext} atingida no pré-treino também foi utilizada para avaliar o torque passivo no pós treino ($TP_{Relativo}$).

3.7.8 Avaliação de Produção de Força Isométrica Máxima (CIVM)

O teste para avaliação da força isométrica máxima (CIVM) foi realizado no dinamômetro Cybex Norm (Ronkonkoma, NY, USA). O sujeito foi posicionado sentado, com as costas apoiadas no encosto do banco e o tronco flexionado a 85°. As costas e o tronco foram estabilizados com tiras de velcro de modo a evitar movimentos compensatórios de outros grupos musculares. O centro da articulação do joelho era alinhado com o centro de rotação do dinamômetro e o tornozelo do sujeito foi preso na haste do equipamento.

A ação realizada foi de flexão de joelhos no ângulo de 40° (Eston et al., 2007). Foram realizadas duas contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) com duração de 3 segundos (Eston et al., 2007), o tempo de recuperação entre as tentativas foi de dois minutos, para minimizar os efeitos da fadiga muscular. Foram utilizadas para análise apenas a CIVM com maior valor de pico de torque para cada um dos dias de teste.

Os sujeitos foram instruídos a realizar força máxima durante todo o teste e receberam incentivo verbal do avaliador. Foi dado feedback em tempo real, sendo permitido aos sujeitos acompanhar a curva de força exibida na tela do computador.

3.7.9 Pico de torque dinâmico (PT)

O PT dinâmico foi mensurado através de teste de contração dinâmica concêntrica no dinamômetro isocinético Cybex Norm (Ronkonkoma, NY, USA), com o sujeito sentado, o tronco apoiado no encosto do banco com ângulo de

flexão do quadril de 85°, e estabilizado com tiras de velcro de modo a evitar movimentos compensatórios de outros grupos musculares. O teste era realizado após a CIVM.

A ação realizada foi de flexão de joelhos, sendo realizada uma série de cinco contrações concêntricas a 60°/s. O indivíduo foi instruído a realizar o máximo de força durante toda a amplitude de movimento e recebeu incentivo verbal durante o teste. Foram utilizadas para análise apenas o valor do maior pico de torque.

3.7.10 Ângulo de pico de torque concêntrico (ângulo PT)

O ângulo de PT foi obtido da curva torque-ângulo durante a realização do teste para avaliação do PT, realizado no dinamômetro isocinético Cybex Norm. Foi considerada para análise a curva de maior PT.

3.7.11 Protocolo de treino de flexibilidade (TFlex)

O protocolo de TFlex foi realizado no modo passivo do dinamômetro isocinético Cybex Norm (Ronkonkoma, NY, USA). Foram realizadas duas sessões semanais de treino durante um período de seis semanas e apenas um dos membros (MT) participou do treinamento. A amplitude de movimento era determinada diariamente através do teste de ADM_{Ext} no dinamômetro isocinético. O sujeito era posicionado no equipamento, conforme descrito anteriormente no item 3.7.6. Em seguida, o sujeito era colocado na posição inicial, com o joelho flexionado a 90° (figura 6) e a haste do dinamômetro movimentava o segmento do indivíduo na velocidade de 5°/s até a posição final (figura 7), que correspondia à máxima amplitude atingida no teste diário de ADM_{Ext}. Após alcançar a posição final de máxima amplitude, a mesma era mantida constante durante 60 segundos. Ao final do tempo estipulado para o alongamento a haste do dinamômetro movia o segmento do sujeito até a posição inicial. Durante a realização do protocolo de alongamento o sujeito foi instruído a deixar o segmento o mais relaxado possível e não oferecer qualquer tipo de resistência à haste do dinamômetro. O protocolo de alongamento foi adaptado de Magnusson et al. (1995 e 1996b). Foram realizadas 8 séries com

duração de 60 segundos, com 30 segundos de intervalo entre cada série, sendo a duração total de 8 minutos de alongamento

Em todas as sessões de TFlex foi realizado aquecimento imediatamente antes do início do treino (Kay & Blazevich, 2010), com 5 minutos de duração, em uma bicicleta ergométrica, a uma velocidade de 60 RPM, com carga de 1 Kg, produzindo uma potência constante de 60 W.



Figura 7. Posicionamento no protocolo de alongamento na posição inicial do movimento.



Figura 8. Posicionamento no protocolo de alongamento na amplitude final do movimento.

3.7.12 Exercício de Força Excêntrico

Para a indução do dano muscular após as avaliações pós-treino foi realizado o exercício de força excêntrico para flexores de joelhos no dinamômetro isocinético Cybex Norm (Ronkonkoma, NY, USA). O protocolo utilizado foi similar ao proposto por Eston et al. (2007). O sujeito foi posicionado sentado com as costas apoiadas e com o tronco flexionado a 85°, fixou-se a coxa ao dinamômetro com tiras de velcro a fim de evitar movimentos compensatórios e o equipamento foi ajustado individualmente. A posição inicial era com o joelho flexionado a 90° (sendo 0° joelho em extensão completa) e a ação muscular foi realizada até 10° de extensão do joelho (Eston et al., 2007).

Foram realizadas seis séries de 10 repetições de contrações excêntricas máximas de flexão do joelho na velocidade de 60°/s (Eston et al., 2007). Os sujeitos foram instruídos a realizar todas as repetições produzindo o máximo de

força e receberam estímulo verbal. O tempo de intervalo entre as séries foi de 1 minuto.

3.7.13 Coleta do sinal Eletromiográfico (EMG)

A coleta do sinal EMG, foi realizada simultânea ao teste de CIVM. Foram utilizados eletrodos de superfície bipolar da marca *Meditrace* com 15mm de diâmetro, que foram colocados no ventre do músculo bíceps femoral e semitendíneo, sendo posicionados conforme proposto por SENIAM (www.seniam.org). Antes da colocação dos eletrodos no local estabelecido foi realizada a tricotomia e abrasão da pele com lâmina de barbear, algodão e álcool para a retirada de células mortas e, reduzindo assim a impedância da pele.

A distância entre eletrodos foi de 20 mm do centro do eletrodo. O eletrodo terra foi posicionado na protuberância óssea, próxima ao local de aquisição do sinal. Para minimizar o erro de posicionamento dos eletrodos nos diferentes dias de coleta de dados, foram feitos mapas de avaliação (Narici et al., 1989). Os mapas foram realizados para cada um dos membros do indivíduo com uma folha de transparência, onde foram marcados com caneta demográfica pontos anatômicos, sinais e cicatrizes, bem como o posicionamento dos eletrodos e posicionamento da sonda para as avaliações com ultrassom. Esse mapa foi utilizado para auxiliar no posicionamento dos eletrodos nos demais dias de coletas EMG.

A aquisição dos dados eletromiográficos foi realizada por um eletromiógrafo Miotool 800 Wireless (Miotec Equipamentos Biomédicos, Porto Alegre, RS, Brasil), composto por um sistema de oito canais, 2000 Hz por canal. Para a aquisição dos dados foi utilizado o *software* Miograph (Miotec Equipamentos Biomédicos, Porto Alegre, RS, Brasil). A aquisição das curvas de EMG dos diferentes músculos foi efetuada com uma frequência de amostragem de 2000Hz (De Luca, 1997).

3.7.14 Tratamento dos Dados EMG

A análise dos dados foi realizada no *software* Miograph. Inicialmente foi feita filtragem de todos os sinais adquiridos utilizando-se filtro passa-banda Butterworth, de 5ª ordem, e a frequência de corte foi de 20 e 500 Hz. Para análise do sinal correspondente às CIVMs foi feito um recorte no platô da curva de força, durante um período de 1 segundo, para a obtenção do valor *root mean square* (RMS), e apenas a CIVM com maior valor de torque foi utilizada para análise em cada um dos momentos (Botton et al., 2015).

Para a análise do sinal EMG obtido no teste de torque passivo, foi calculado o valor RMS desde o início do movimento até a máxima amplitude atingida pelo indivíduo, este valor foi relativizado com o valor da CIVM do primeiro dia de testes.

4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi realizada no *software* SPSS 18.0. Utilizou-se a estatística descritiva para descrição dos dados em média e desvio padrão. Foi utilizado teste de *Shapiro Wilk* para verificação da normalidade dos dados e a homogeneidade foi verificada através do teste de Levene. Uma vez que os dados apresentaram normalidade, foi utilizada a estatística paramétrica. Para comparação dos valores pré- treino entre os grupos foi utilizado teste *t-student* para dados independentes. Para comparar os efeitos do treinamento de flexibilidade foi utilizada uma ANOVA two-way (tempo x grupo), para medidas repetidas. Quando encontrada interação grupo x tempo foi utilizado um teste *t* para desdobramento dos resultados. Para a análise de dados, para as comparações dentro dos grupos foram utilizados os valores brutos e para os desdobramentos entre os grupos foram utilizados valores percentuais.

Para comparar os efeitos pré e pós- dano muscular das avaliações pré e pós- exercício excêntrico foi utilizando teste ANOVA *two-way* (2x5- grupo [alongamento e controle] x tempo [pré, 0, 24, 48, 72 horas]) para medidas repetidas. O *post hoc* utilizado foi o Bonferroni (Howell, 2013) e o nível de significância adotado foi de $\alpha < 0,05$.

5. RESULTADOS

5.1 Caracterização da amostra

As características da amostra estão apresentadas na tabela 1. Inicialmente, 20 sujeitos se voluntariaram para participar desse estudo, dos quais seis foram excluídos por apresentarem ângulo de flexão de quadril superior a 80°; um sujeito desistiu antes das avaliações iniciais e três sujeitos foram excluídos por já terem programado se engajar em treinamento regular envolvendo os membros inferiores. Desta forma, 10 sujeitos completaram o estudo.

Tabela 1. Dados de caracterização da amostra, apresentados em média \pm DP

	Média \pm DP
Idade (anos)	23,6 \pm 3,9
Massa corporal (kg)	77,6 \pm 12,5
Estatura (cm)	177,1 \pm 6,8
Gordura corporal (%)	16,0 \pm 8,2

Os sujeitos foram alocados nos grupos de forma pareada pela dominância do membro, sendo que seis sujeitos realizaram o treino de alongamento no membro dominante e quatro no membro não dominante. Os valores iniciais de ADM, CIVM, TP, PT, ângulo de PT, e EM do bíceps femoral e do semitendíneo foram comparados entre MT e MC e não foram encontradas diferenças significativas entre eles ($p > 0,05$) (tabela 2).

5.2 Treino de Flexibilidade

A adesão ao TFlex proposto foi de 99,2%, havendo apenas uma falta às sessões de treino. Quando os sujeitos não puderam comparecer nos horários agendados, uma nova sessão de treino era marcada, respeitando pelo menos

um dia de intervalo entre as sessões. Durante as sessões de treino a temperatura da sala foi controlada e se manteve na média de 22°C.

Amplitude de movimento (ADM)

Os resultados de ADM estão apresentados na tabela 2. Os valores de ADM_{Flex} apresentaram efeito isolado do tempo ($p < 0,05$, $F = 22,0$) e interação tempo x grupo ($p < 0,05$, $F = 12,0$), de modo que foram realizadas as análises de desdobramento. As análises desdobramento mostraram que MT apresentaram valores significativamente maiores ($p < 0,05$) de ADM_{Flex} pós em relação ao momento pré. Já MC não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) de ADM_{Flex} no momento pós em relação ao momento pré.

Os valores de ADM_{Ext} apresentaram efeito isolado do tempo ($p < 0,05$, $F = 22,0$) e interação tempo x grupo ($p < 0,05$, $F = 12,0$). As análises de desdobramento mostraram que apenas o MT apresentou valores significativamente maiores ($p < 0,05$) de ADM_{Ext} pós em relação ao momento pré. Já MC não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) de ADM_{Ext} no momento pós em relação ao momento pré.

Torque passivo (TP)

Os resultados referentes ao TP (TP_{Max} e $TP_{Relativo}$) estão apresentados na tabela 2. Durante os testes de torque passivo a média dos valores RMS do sinal EMG esteve $< 5\%$.

A análise do TP_{Max} demonstrou efeito do tempo ($p < 0,05$) e interação tempo x grupo ($p < 0,05$). Os desdobramentos mostraram aumento significantes ($p < 0,05$) do TP_{Max} pós em relação aos valores pré treino para o MT. Diferente de MC, que não demonstrou diferença significativa ($p > 0,05$) do momento pré para o pós- treino para essa variável.

Para a variável de $TP_{Relativo}$, não foi encontrado efeito do tempo ($p > 0,05$) nem interação tempo x grupo ($p > 0,05$).

Força máxima isométrica, dinâmica e ângulo de pico de torque (CIVM, PT dinâmico, ângulo PT)

Os dados de força e ângulo de pico de torque estão apresentados na tabela 2. A análise da CIVM não demonstrou efeito do tempo ($p>0,05$) e não houve interação tempo x grupo ($p>0,05$). Da mesma forma, para o ângulo de PT não foi encontrado efeito do tempo ($p>0,05$), nem interação tempo x grupo ($p>0,05$).

Para o PT dinâmico foi encontrado efeito do tempo ($p<0,05$) e não houve interação tempo x grupo ($p>0,05$). Porém os desdobramentos realizados não mostraram efeito do tempo nem no MC ($p=0,07$), nem no MT ($p=0,05$).

Espessura muscular

Os dados de espessura muscular encontram-se da tabela 2. Os valores e espessura muscular do bíceps femoral e semitendíneo não demonstraram efeito no tempo ($p>0,05$) e não mostraram interação tempo x grupo ($p>0,05$).

EMG

A atividade EMG do bíceps femoral e do semitendíneo durante a CIVM não apresentaram efeito do tempo ($p>0,05$) nem interação tempo x grupo ($p>0,05$).

Tabela 2. Dados pré e pós- treino de: amplitude de movimento de flexão de quadril (ADM_{Flex}), amplitude de movimento de extensão de joelhos (ADM_{Ext}), torque passivo máximo (TP_{Max}), torque passivo relativo ($TP_{Relativo}$), contração isométrica voluntária máxima (CIVM), ângulo de pico de torque dinâmico (Ângulo PT), pico de torque (PT) e espessura muscular (EM), no membro treino (MT) e no membro controle (MC). Dados expressos em média \pm DP. *diferença significativa ($p < 0,05$) dos valores pré- treino.

	MT		MC	
	Pré- treino	Pós- treino	Pré- treino	Pós- treino
ADM_{Flex} (graus)	59,6° \pm 7,9	70,2° \pm 10,4*	63,8° \pm 6,2	65,4° \pm 8,1
ADM_{Ext} (graus)	27,2° \pm 8°	18,8° \pm 5,4°*	27,3° \pm 9°	26,1° \pm 7,1
TP_{Max} (Nm)	51,6 \pm 10,9	63,1 \pm 13,2*	53,8 \pm 9,7	53,7 \pm 10,6
$TP_{Relativo}$ (Nm)	51,6 \pm 10,9	53,5 \pm 9,3	53,8 \pm 9,7	51,5 \pm 8,6
CIVM (Nm)	132 \pm 23	122 \pm 19	127 \pm 23	124 \pm 31
Ângulo PT	37,1° \pm 10,8	36,8° \pm 7,2	37,7° \pm 7,2	39,7° \pm 9,1
PT (Nm)	114 \pm 20	105 \pm 17	108 \pm 12	99 \pm 24
EM_{BF} (mm)	23,4 \pm 2,9	22,9 \pm 3,1	24,7 \pm 2,4	24,9 \pm 2,2
EM_{ST} (mm)	29 \pm 5,4	29,2 \pm 5,6	27,6 \pm 5,2	27,8 \pm 4,8

5.3 Dano muscular

Todos os indivíduos realizaram protocolo de DMIE na semana imediatamente após a última sessão de treino, sendo que foi dado intervalo de dois a cinco dias entre a última sessão de treino e o início das avaliações de dano muscular. O trabalho total excêntrico realizado no protocolo para induzir dano muscular foi comparado entre MT e MC, não tendo sido encontrada diferença significativa ($p > 0,05$) entre eles.

Força máxima isométrica e dinâmica (CIVM, PT dinâmico)

A análise da CIVM e do PT dinâmico mostraram efeito do tempo ($p < 0,05$), porém não foi observada interação tempo x grupo ($p > 0,05$) para ambas as variáveis (figuras 9 e 10).

Na CIVM, MC e MT apresentaram redução significativa ($p < 0,05$) de produção de força isométrica do momento pré para todos os momentos pós-exercício. Com relação ao PT dinâmico, tanto o MC quanto o MT apresentaram redução significativa ($p < 0,05$) de produção de força dinâmica do momento pré para todos os momentos pós-exercício.

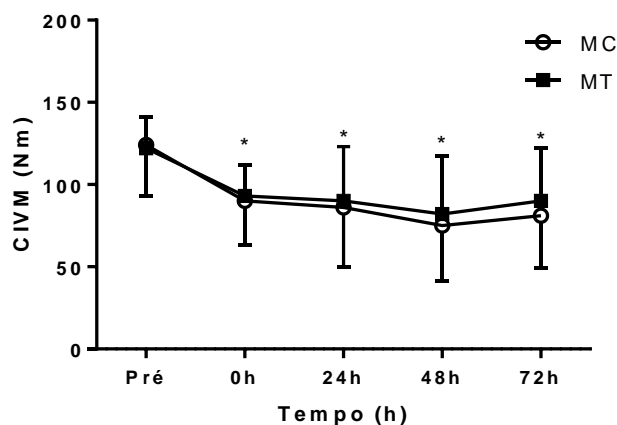


Figura 9. Valores de contração isométrica voluntária máxima (CIVM), pré e pós dano muscular para o membro controle (MC) e membro treino (MT). *Diferença significativa para o momento pré ($p < 0,05$).

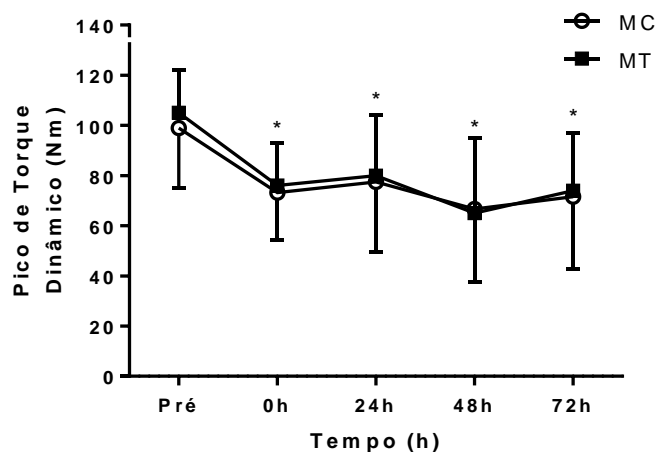


Figura 10. Valores de pico de torque dinâmico (PT), pré e pós dano muscular para o membro controle (MC) e membro treino (MT). *Diferença significativa para o momento pré ($p < 0,05$).

Ângulo de pico de torque (ângulo PT)

Na análise do ângulo PT foi observado efeito do tempo ($p < 0,05$), porém não foi observada interação tempo x grupo ($p > 0,05$) (figura 11). O *post hoc* demonstrou alteração ($p < 0,05$) do pré para pós 0h, 48h e 72h para MT e MC.

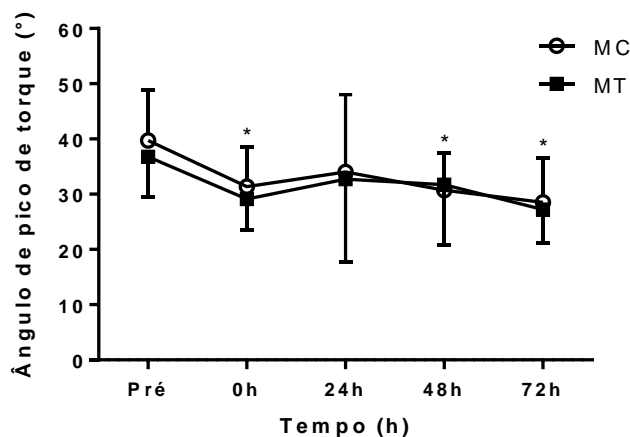


Figura 11. Valores de ângulo de pico de torque dinâmico (PT), pré e pós dano muscular para o membro controle (MC) e membro treino (MT). *Diferença significativa para o momento pré ($p < 0,05$).

EMG

A atividade EMG do bíceps femoral e do semitendíneo de MC e MT apresentaram efeito no tempo ($p < 0,05$), e não apresentaram interação tempo x grupo ($p > 0,05$) (figuras 12 e 13). Porém no *post hoc* não foi encontrado diferença significativa do momento pré para os momentos pós em ambos os grupos para os dois músculos avaliados.

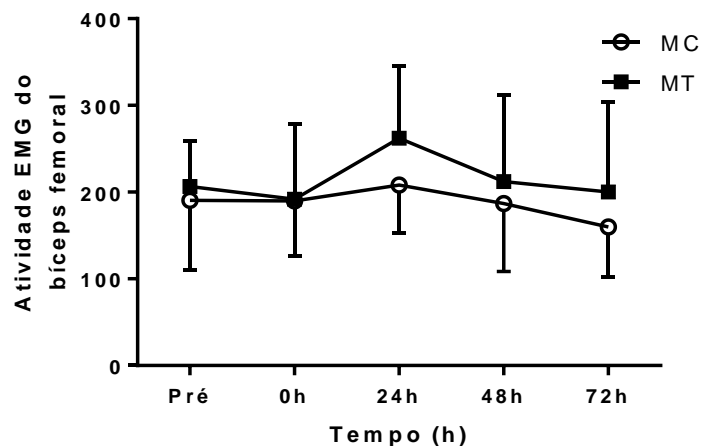


Figura 12. Valores de atividade elétrica (EMG) do bíceps femoral, pré e pós dano muscular para o membro controle (MC) e membro treino (MT). *Diferença significativa para o momento pré ($p < 0,05$).

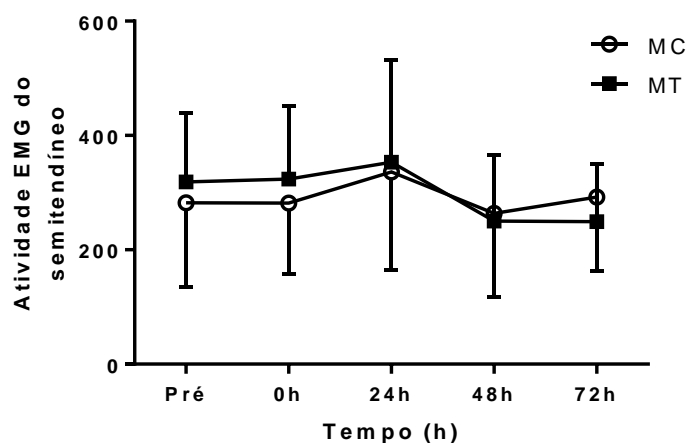


Figura 13. Valores de atividade elétrica (EMG) do semitendíneo, pré e pós dano muscular para o membro controle (MC) e membro treino (MT). *Diferença significativa para o momento pré ($p < 0,05$).

Amplitude de movimento (ADM)

A análise da ADM_{Flex} apresentou efeito do tempo ($p < 0,05$), e não foi observada interação tempo x grupo ($p > 0,05$) (figura 14). Os testes de *post hoc* mostraram que, para MT e MC, houve redução significativa ($p < 0,05$) do momento pré para pós 48h e 72h.

Para a ADM_{Ext} , foi observado efeito do tempo ($p < 0,05$) e não foi encontrada interação tempo x grupo ($p > 0,05$) (figura 15). Os testes de *post hoc*

demonstraram que, para MT e MC, houve diminuição significativa ($p < 0,05$) do pré para os momentos pós 48h e 72h após.

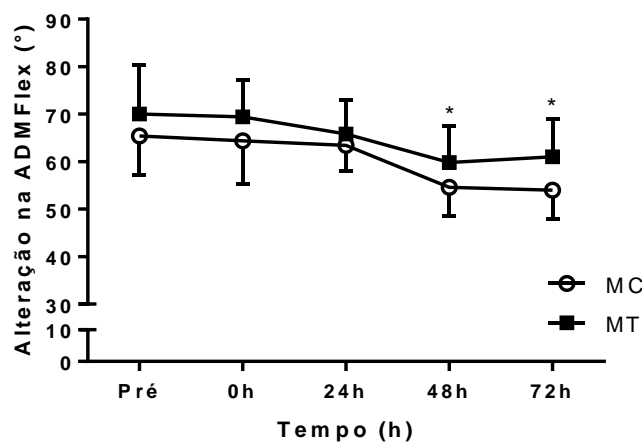


Figura 14. Valores de amplitude de movimento de flexão de quadril (ADMFlex), pré e pós dano muscular para o membro controle (MC) e membro treino (MT). *Diferença significativa para o momento pré ($p < 0,05$).

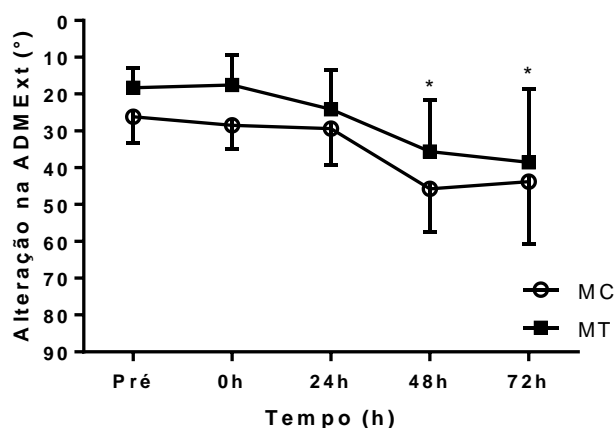


Figura 15. Valores da amplitude de movimento de extensão de joelhos (ADMExt), pré e pós dano muscular para o membro controle (MC) e membro treino (MT). *Diferença significativa para o momento pré ($p < 0,05$).

Dor muscular tardia (DMT)

Para a DMT_{EVA} e para a $DMT_{Pressão}$, foi observado efeito do tempo ($p < 0,05$), porém não foi observada interação tempo x grupo ($p > 0,05$) (figuras 16 e 17). Com relação à DMT_{EVA} , houve aumento significativo ($p < 0,05$) da dor dos momentos pré para todos os momentos pós exercício em ambos os

grupos. Com relação à $DMT_{Pressão}$, houve aumento significativo ($p < 0,05$) da dor do pré para os momentos pós 24h e 48h após exercício para ambos os grupos.

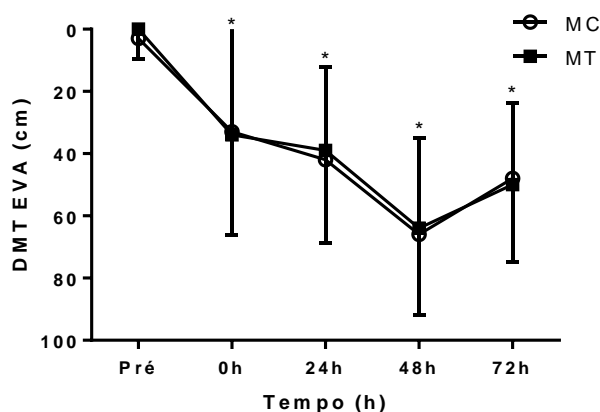


Figura 16. Valores de dor muscular tardia pela escala visual analógica (DMT_{EVA}), pré e pós dano. *Diferença significativa para o momento pré ($p < 0,05$).

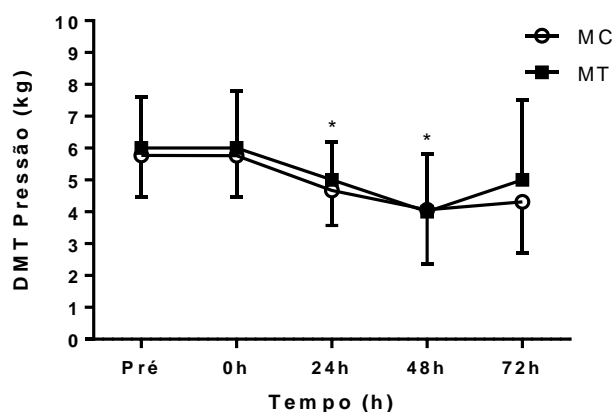


Figura 17. Valores de dor muscular tardia por pressão ($DMT_{Pressão}$), pré e pós dano. *Diferença significativa para o momento pré ($p < 0,05$).

Espessura muscular (EM)

A espessura muscular no momento pré treino demonstrou boa reprodutibilidade para bíceps femoral e para o semitendíneo. Valores referentes ao bíceps femoral: MT (ICC= 0,98; Erro típico= 0,52; CV= 2,2) e MC (ICC= 0,949; Erro típico= 0,65; CV= 2,7). Valores referentes ao semitendíneo: MT

(ICC= 0,990; Erro típico= 0,38; CV= 1,31) e MC (ICC= 0,986; Erro típico= 0,86; CV= 3,1).

A espessura muscular do bíceps femoral e do semitendíneo de MC e MT apresentaram efeito do tempo ($p < 0,05$), e não apresentaram interação tempo x grupo ($p > 0,05$) (figuras 18 e 19). O bíceps femoral apresentou aumento significativo ($p < 0,05$) da espessura muscular em todos os momentos pós exercício. Com relação ao semitendíneo, tanto para MC quanto para o MT, houve aumento significativo da espessura muscular ($p < 0,05$) do pré para pós 72h. As medidas do

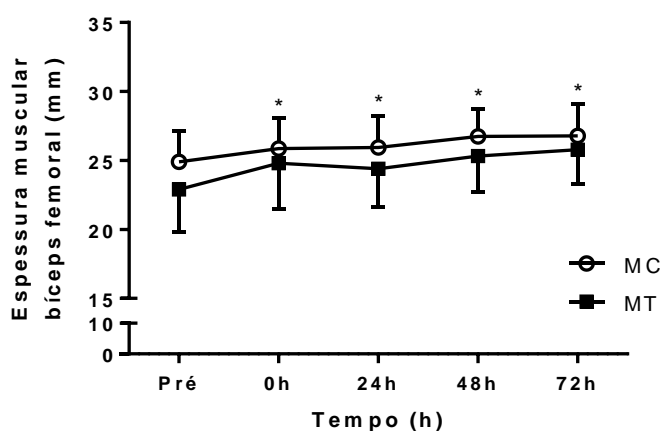


Figura 18. Valores de espessura muscular do bíceps femoral, pré e pós dano. *Diferença significativa para o momento pré ($p < 0,05$).

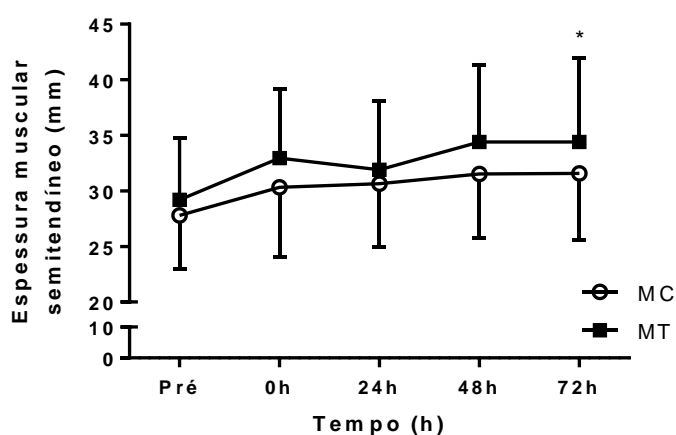


Figura 19. Valores de espessura muscular do semitendíneo, pré e pós dano. *Diferença significativa para o momento pré ($p < 0,05$).

Echo intensity

A *echo intensity* nos momentos pré treino demonstrou boa reprodutibilidade para MT e moderada reprodutibilidade para MC tanto do bíceps femoral quanto do semitendíneo. Valores referentes ao bíceps femoral: MT (ICC= 0,924; Erro típico= 3,08; CV= 6,17) e MC (ICC= 0,673; Erro típico= 6,04; CV= 12,05). Valores referentes ao semitendíneo: MT (ICC= 0,911; Erro típico= 4,58; CV= 9,11) e MC (ICC= 0,781; Erro típico= 7,68; CV= 14,11).

A *echo intensity* do bíceps femoral e do semitendíneo de MC e MT apresentaram efeito no tempo ($p < 0,05$), e não apresentaram interação tempo x grupo ($p > 0,05$) (figuras 20 e 21). Apesar de encontrada interação do tempo, não foi encontrada diferença significativa do pré para todos os momentos pós exercício no músculo bíceps femoral. Para o semitendíneo foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) do pré para pós 72h.

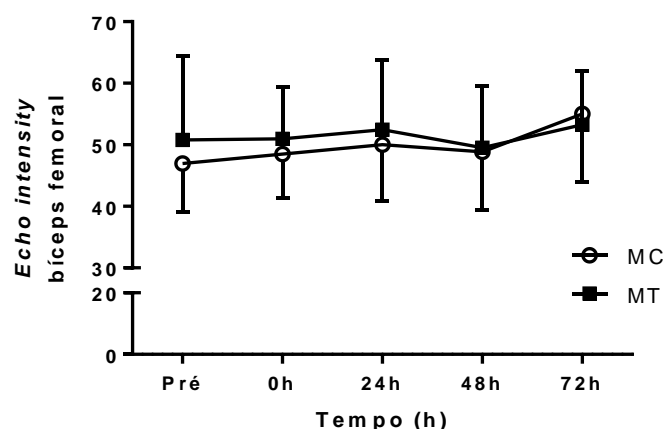


Figura 20. Valores de *echo intensity* do bíceps femoral, pré e pós dano. *Diferença significativa para o momento pré ($p < 0,05$).

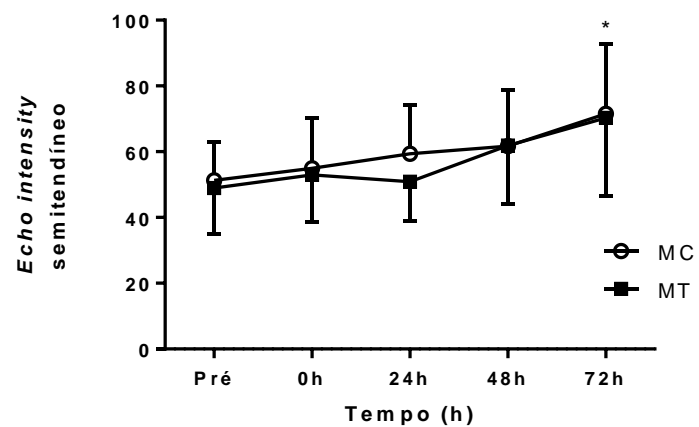


Figura 21. Valores de *echo intensity* do semitendíneo, pré e pós dano.
*Diferença significativa para o momento pré ($p < 0,05$).

6. DISCUSSÃO

6.1 Treino de flexibilidade

Os resultados do presente estudo mostraram aumento após o período de treino de 18% na amplitude de movimento de flexão de quadril (ADM_{Flex}) e de 30% na amplitude de movimento de extensão de joelhos (ADM_{Ext}) apenas para o MT; ainda, foi encontrado aumento de 25% no TP_{Max} , apenas no MT. Porém, para o MC não foi observada alteração na ADM_{Flex} , na ADM_{Ext} , e no TP_{Max} . E, tanto para MT quanto para MC, não foi relatado alteração significativa no $TP_{Relativo}$. Visto que, a efetividade de um TFlex é normalmente confirmada através de aumento da ADM (Chan et al., 2001), é possível afirmar que o protocolo de treino de flexibilidade proposto no presente estudo foi efetivo.

No presente estudo, a máxima ADM foi mensurada de duas formas distintas, através do teste de flexão de quadril (ADM_{Flex}) e através de teste de extensão de joelhos (ADM_{Ext}). Esse procedimento foi adotado tanto visando a especificidade do teste em relação à forma como o treino foi realizado, quanto para facilitar a comparação dos resultados com demais estudos. Foi observado incremento na ADM no MT em ambas as formas mensuradas, demonstrando que apesar de os isquiotibiais terem sido alongados na ação de extensão do joelho com quadril flexionado, foram também obtidos ganhos no teste de flexão de quadril com o joelho estendido. Desta forma, pode-se afirmar que houve transferência dos ganhos de ADM adquiridos em um movimento, para outro. Os ganhos percentuais de ADM_{Ext} foram superiores aos ganhos ADM_{Flex} , e acredita-se que essas diferenças devam-se à especificidade do teste em relação à forma como o treino foi realizado.

Após seis semanas de TFlex o MT apresentou aumento de 11° (18,1%) para ADM_{Flex} e 9° (29,8%) para ADM_{Ext} . Os aumentos encontrados na ADM são semelhantes aos incrementos reportados por outros autores que realizaram TFlex para os isquiotibiais com mesma duração de treino do presente estudo (6 semanas) ($\sim 10^\circ$) (Bandy & Irion, 1994; Bandy et al., 1997; Bandy et al., 1998; Ben & Harvey, 2010; Ferreira et al., 2007; Reid & McNair, 2004), e encontra-se próximos aos ganhos relatados com estudos com maiores períodos de

treinamento (9,5° a 14°) (Ayala et al., 2013; Chan et al., 2001; Freitas & Mil-Homens, 2015; Lima et al., 2015).

Aspectos como frequência semanal e volume de treino, devem ser considerados quando são comparados diferentes estudos sobre TFlex. Quanto à frequência semanal, os estudos encontrados na literatura utilizaram uma frequência superior a do corrente estudo, variando de três (Chan et al., 2001), cinco (Bandy & Irion, 1994; Bandy et al., 1997; Bandy et al., 1998; Ben & Harvey, 2010; Ferreira et al., 2007; Folpp et al., 2006; Reid & McNair, 2004) e, até sete sessões por semana (Cipriani et al., 2003). Alguns autores, inclusive, utilizaram um protocolo de TFlex com duas sessões diárias. Já no presente estudo, utilizou-se uma baixa frequência semanal, sendo duas sessões por semana e, mesmo assim, ganhos significativos de ADM foram encontrados.

Sobre o volume de alongamento, no presente estudo cada sessão teve duração de 480s, sendo o volume total de tempo de treino 5760s. Outros trabalhos que também avaliaram os isquiotibiais utilizaram volumes totais de treino menores, variando de 900s a 5400s (Bandy & Irion, 1994; Bandy et al., 1997; Bandy et al., 1998; Ferreira et al., 2007, Reid & McNair, 2004), e poucos estudos utilizaram volume total de alongamento superiores ao do presente estudo, variando de 5880s a 7220s (Cipriani et al., 2003; Ben & Harvey, 2010; Marshall et al., 2011). Dos autores citados, que utilizam maiores volumes de alongamento por sessão, Cipriani et al. (2003) reportaram aumentos de até 28°, que é superior ao presente, e aos demais estudos. Já Marshall et al. (2011), que também utilizaram alto volume total de treino, apesar de realizarem apenas quatro semanas de TFlex, reportaram aumento significativo de 15,9° de ADM. Além do elevado volume total de treino, é possível que a elevada quantidade de sessões semanais, incluindo duas sessões diárias, seja um dos responsáveis pelos aumentos consideráveis reportados por Cipriani et al. (2003) e que se mostram superiores aos reportados no presente estudo.

Devido à grande variabilidade nos modelos de TFlex propostos na literatura, não é conhecido qual é o volume e a frequência ótima para um TFlex, pois os estudos demonstram que diferentes frequências semanais e volumes de TFlex são capazes de provocar aumento na ADM. Tem sido sugerido que o tempo total de duração do alongamento realizado por sessão

de treino é mais importante que a duração de uma única série do exercício de alongamento (Cipriani et al., 2003). A partir da comparação dos resultados do presente estudo com os de outros autores sobre o mesmo tema, é possível afirmar que quando o volume diário de alongamento é baixo, uma alta frequência semanal se é necessária para que se obtenha incrementos de ADM; por outro lado, quando se utiliza um elevado volume de alongamento por sessão de treino, pode-se obter ganhos significativos mesmo com uma baixa frequência semanal de treino, como demonstrado no presente estudo (Bandy & Irion, 1994; Bandy et al., 1997; Bandy et al., 1998; Ferreira et al., 2007, Reid & McNair, 2004; Cipriani et al., 2003; Ben & Harvey, 2010; Marshall et al., 2011).

A similaridade dos resultados de incrementos de ADM encontrados no presente estudo, com os de outros estudos que apresentam maior número de sessões semanais, se deve principalmente ao tipo de treino realizado e o volume de treino utilizado. Sabe-se que o músculo possui propriedades viscoelásticas, assim, quando submetido a um alongamento de suficiente magnitude e duração, haverá diminuição na tensão ao longo do tempo, o que permitirá atingir maior ADM (Magnusson et al., 1996a; Wepler & Magnusson, 2010). A escolha do protocolo de alongamento do presente estudo foi baseado na propriedade biomecânica de relaxamento sob tensão e optou-se por utilizar um protocolo de alongamento do tipo ângulo constante, similar ao proposto por Magnusson et al. (1995). No estudo destes autores, foi apontado que um protocolo de cinco séries de 90 s de alongamento ângulo constante para os isquiotibias, foi capaz de provocar diminuição do torque passivo ao longo das cinco séries, o que possibilita aumento agudo de ADM (Magnusson et al., 1995). Visto que uma sessão de alongamento do tipo ângulo constante, como a proposta por Magnusson et al. (1995), foi capaz provocar alterações agudas, buscou-se averiguar se, quando realizada por um período de tempo, seria capaz de provocar adaptações cronicamente. Esta hipótese foi confirmada no presente estudo, uma vez que houve um aumento da ADM.

Outro aspecto importante acerca da metodologia proposta no presente estudo é que a intervenção foi realizada em apenas um dos membros do sujeito, enquanto o membro contralateral foi utilizado como controle e não sofreu intervenção, semelhante ao que ocorreu em outros estudos (Akagi &

Takahashi, 2014; Cipriani et al., 2003, Ben & Harvey, 2010). Tanto no presente estudo, quando nos demais supracitados, realizar TFlex em um dos membros, não provocou efeito no membro contralateral não treinado, ou seja, não houve transferência para o membro contralateral, ou a transferência não parece ocorrer de forma significativa.

Alguns autores sugerem que a realização regular de alongamento pode provocar familiarização dos sujeitos com a sensação de desconforto associado ao alongamento, reduzindo assim, ao longo dos treinos, essa sensação de desconforto. E Folpp et al. (2006) afirmam que, se isso ocorre, o alongamento de um dos membros não deve aumentar a tolerância ao alongamento no membro contralateral não treinado, fato que também reforça o métodos utilizado no presente estudo.

A familiarização com a sensação de desconforto provocada pelo alongamento crônico, como colocada por Folpp et al. (2006), pode ser entendida como aumento da tolerância do indivíduo ao alongamento. No presente estudo, foi encontrado aumento do TP_{Max} no MT acompanhado de aumento da ADM, o que não foi observado no MC. Tal resultado demonstra que o protocolo de TFlex proposto no presente estudo foi capaz de provocar aumento da tolerância dos indivíduos ao alongamento, corroborando com os achados de outros autores (Magnusson et al., 1996c; Ben & Harvey, 2010; Folpp et al., 2006; Aquino et al., 2010, Gajdosik, 2007, Chan et al., 2001; LaRoche & Connolly, 2006). Ben e Harvey (2010), que realizaram estudo de seis semanas de TFlex, propuseram uma abordagem diferente para avaliar a percepção e dor dos indivíduos: eles utilizaram uma escala visual analógica em que os sujeitos indicaram o nível de dor no ponto de máxima ADM atingida. Não foi encontrada alteração na dor no ponto de maior torque tolerado ao final das seis semanas de treino, porém houve aumento de ADM. Esses achados indicam que o TFlex possibilitou que os participantes conseguissem atingir maior ADM, acompanhada de maior torque passivo, porém com uma mesma percepção de dor (Ben & Harvey; 2010).

Diversos estudos relatam aumento do torque passivo quando maiores amplitudes articulares são atingidas (Magnusson et al. ,1996c; Ben & Harvey, 2010; Folpp et al., 2006; Aquino et al., 2010, Gajdosik, 2007, Chan et al., 2001;

LaRoche & Connolly, 2006), e, segundo Toft et al. (1989) (apud Chan et al, 2001), o torque passivo aumenta de forma exponencial com a alteração no comprimento muscular, podendo esse aumento ser explicado por um maior número de elementos de tecidos conectivos paralelos (epimísio, perimísio e endomísio) sofrendo sobrecarga quando há deformação e exercendo assim, maior tensão passiva (Nakamura et al., 2012). Assim, durante um alongamento suave, apenas alguns elementos estariam contribuindo para o torque passivo, já para um alongamento com maiores amplitudes, mais elementos estariam contribuindo para a tensão. Desta forma, se maior ADM é atingida, o torque passivo também deve aumentar (Chan et al., 2001).

No presente estudo, foi reportado aumento da ADM com aumento do TP_{Max} , e sem alteração no $TP_{Relativo}$, o que sugere que não houveram alterações nas propriedades elásticas dos isquiotibiais. Assim, é provável que o mecanismo envolvido para o aumento da ADM no presente estudo, seja o aumento da tolerância ao alongamento ao invés de alterações nas propriedades mecânicas ou viscoelásticas (Magnusson et al., 1996c; LaRoche & Connolly, 2006). LaRoche e Connolly (2006), reportam possível ocorrência de alterações no sistema nervoso central ou periférico com o treino de flexibilidade, sendo que o aumento da tolerância ao alongamento tem sido apontado como um possível mecanismo de adaptação central, pois o TFlex provoca aumento de ADM, muitas vezes sem alteração na rigidez muscular e na atividade eletromiográfica (Abdel-Aziem & Mohammad, 2012). É possível que a ativação dos nociceptores, dos fusos musculares e órgão tendinoso de Golgi, sejam atenuados como consequência de um período de TFlex, tornando o indivíduo capaz de alcançar maior ADM sem que, necessariamente, ocorrem alterações nas propriedades do tecido muscular (LaRoche & Connolly, 2006). Guissard e Duchateau (2004) relatam diminuição do reflexo H após 30 sessões de TFlex. Para isso, é possível que tenha ocorrido aumento da inibição do motoneurônio ou que a transmissão sináptica aferente para o motoneurônio tenha sido reduzida após um período de treino de flexibilidade (Guissard & Duchateau, 2004).

Outra adaptação atribuída ao TFlex é o aumento do número de sarcômeros em série. Em humanos, um deslocamento do ângulo de PT para

maiores amplitudes articulares sugere essa alteração (Brockett, Morgan & Proske, 2001; Proske & Morgan, 2001). No presente estudo não foi encontrada alteração no ângulo de PT pós treino, corroborando com os achados de Aquino et al. (2010). Estes autores compararam um treino de flexibilidade com um treino de força realizado em grandes amplitudes para os músculos isquiotibiais, relatando alteração do ângulo de PT apenas no grupo que realizou treino de força (Aquino et al., 2010). Já Chen et al. (2011a) após oito semanas, e Ferreira et al. (2007) após seis semanas de TFlex, reportaram alteração no ângulo de PT para maiores amplitudes articulares dos isquiotibiais. Entretanto, o volume total de treino de Chen et al. (2011a) foi bastante superior ao do presente estudo (21600 s) e ao de Aquino et al. (2010) (2880 s), e a frequência semanal tanto de Chen et al. (2011a) (três sessões por semana), quanto de Ferreira et al. (2007) (cinco sessões por semana) também foi superior, fato que parece explicar as diferenças observadas entre os estudos e os resultados encontrados.

Conforme observado nos estudos supracitados, parece que para a ocorrência de aumento no ângulo de PT é necessário alto volume de treino ou alta frequência semanal de TFlex, para que os indivíduos sejam capazes de atingir ADM mais elevadas. Ressalta-se que a ADM_{Flex} reportada por Chen et al. (2011a) após TFlex foi de $120,1^\circ$, enquanto no presente estudo foi de 70° . Com isso, é possível especular que o indivíduo precise atingir uma ADM mais elevada para que ocorra alteração do ângulo de PT. Assim, de acordo com os resultados do presente estudo, o protocolo de TFlex, com seis semanas de duração, não parecem ter sido suficientes para promover aumento do número de sarcômeros em série.

Da mesma forma que não houve alteração do ângulo de PT, não foram encontradas alterações no PT dinâmico, e na CVM de flexão e joelho, no sinal EMG do bíceps femoral e do semitendíneo, na espessura muscular dos músculos bíceps femoral e semitendíneo. Esses achados corroboram com os de Ferreira et al. (2007) e Marshall et al. (2011), que também não relataram alterações na força muscular dos isquiotibiais com o TFlex. O fato de não ter sido reportado aumento nessas variáveis relacionadas à força muscular, está de acordo com o que foi relatado anteriormente, que o TFlex não irá,

necessariamente resultar em ganhos de força dinâmica e isométrica (Ferreira et al., 2007) devido à falta de especificidade entre os testes e o treino realizado. A hipertrofia muscular é caracterizada por aumento do tamanho da fibra muscular, e existe uma correlação positiva entre a área de secção transversa muscular e a força (Aguiar et al., 2015). De forma semelhante, aumento da atividade elétrica muscular após período de treino, está associado ao aumento da força muscular. Uma vez que o TFlex não foi capaz de provocar aumento da força, não seria de se esperar que houvesse aumento da espessura muscular, nem do sinal EMG. Por outro lado, Abdel-aziem e Mahammad (2012), reportaram aumento da força concêntrica e excêntrica dos flexores plantares após seis semanas de TFlex. Segundo os autores, o aumento da força concêntrica foi resultado da maior capacidade de armazenamento de energia elástica durante a fase excêntrica, que foi realizada imediatamente antes da ação concêntrica. No presente estudo a avaliação de força concêntrica não foi precedida de ação excêntrica, dessa forma tal adaptação não haveria como ter sido observada.

6.2 Treino de Flexibilidade e Dano Muscular

Os resultados do presente estudo demonstraram que o protocolo de seis semanas do programa de TFlex proposto não foi capaz de conferir efeito protetor quanto ao dano muscular induzido pelo exercício (DMIE), uma vez que não foi observada diferença significativa na recuperação dos marcadores indiretos de DMIE entre os membros MC e MT.

Em estudo de McHugh et al. (1999b), foi proposto que os sintomas de DMIE podem variar de acordo com a rigidez muscular de cada indivíduo. Assim, indivíduos com uma musculatura mais rígida estariam mais suscetíveis ao DMIE, enquanto indivíduos com a musculatura menos rígida estariam menos suscetíveis ao DMIE. Deste modo, o presente trabalho buscou averiguar se seis semana de TFlex, realizados duas vezes por semana, seria capaz de diminuir os sintomas de DMIE. Tanto o MT quanto o MC apresentaram alterações semelhantes de ADM, dor, força isométrica e dinâmica, espessura muscular e *echo intensity*, portanto, é possível sugerir que

o TFlex proposto não foi capaz de conferir efeito protetor quanto ao DMIE em homens jovens.

O principal prejuízo funcional provocado pelo DMIE é a prolongada redução na capacidade de produção de força. Essa variável é considerada um dos principais marcadores de DMIE e é um dos indicadores de DMIE mais reprodutíveis em humanos (Warren et al., 1999; Byrne et al., 2004). No presente estudo, ambos os grupos apresentaram redução significativa da força isométrica e dinâmica imediatamente após e, até 72h após exercício excêntrico, não haviam retomado seus valores pré exercício. No presente estudo, o MT apresentou queda na CIVM entre 23,5% a 32,6% e no PT dinâmico entre 23% a 37,6%, enquanto que o MC apresentou queda de 26,9% a 39,3% na CIVM e de 21,1% a 31,6% no PT dinâmico. Protocolos excêntricos máximos geralmente promovem grandes reduções na capacidade de produção de força (Clarkson e Hubal 1999). No corrente estudo, foi observada significativa queda na produção de força tanto isométrica quanto dinâmica logo após exercício excêntrico em ambos os membros (MT e MC), porém a redução na produção de força imediatamente após o exercício não se deve principalmente DMIE, mas sim também à fadiga periférica (Raastad & Hallen 2000; Proske & Allen 2005). Entretanto, a diminuição prolongada na capacidade de produção de força parece ser consequência do DMIE, e se deve principalmente a um prejuízo na relação-excitação contração, onde menos Ca^{2+} é liberado do retículo sarcoplasmático por potencial de ação (Proske & Allen 2005).

De forma semelhante ao presente estudo, Eston et al. (2007) não encontraram diferença na recuperação da força isométrica após exercício excêntrico entre o grupo que realizou cinco semanas de TFlex do tipo FNP para os músculos isquiotibiais e o grupo controle. Diferentemente, Chen et al. (2011a) relataram que os grupos que realizaram oito semanas de TFlex estático e FNP também para os músculos isquiotibiais, tiveram menor queda na força e sua recuperação foi mais rápida que a do grupo controle. Ainda, os grupos realizaram o TFlex retomaram seus valores iniciais de força no quinto dia após o exercício excêntrico (Chen et al., 2011a). Observa-se que Chen et al. (2011a) avaliaram o período pós DMIE por um maior número de dias que o

presente estudo, sendo que somente no quinto dia a força foi completamente recuperada nos grupos de TFlex. No presente estudo, as variáveis indicativas de DMIE foram avaliadas até três dias pós- protocolo excêntrico, o que pode explicar a diferença entre os resultados. Um período maior de avaliações após o exercício excêntrico poderia esclarecer se essa diferença na recuperação da capacidade de produção de força foi devido ao número de dias avaliados após o exercício, ou se diferenças nos protocolos de TFlex foram os responsáveis. Entretanto, no estudo de Chen et al. (2011a), foi reportada maior queda na força no grupo controle, enquanto no presente estudo não houve diferença significativa na queda de força entre o MT e MC. Visto que no presente estudo MT e MC apresentaram semelhante diminuição na força, é possível afirmar que ambos os grupos necessitassem do mesmo período de tempo de recuperação. De acordo com os resultados do presente estudo, o protocolo de TFlex realizado não foi capaz de conferir efeito protetor quanto às variáveis de força isométrica e dinâmica, provavelmente devido ao tempo de intervenção do TFlex e o volume total de treino utilizado.

Os resultados encontrados para a atividade elétrica muscular não demonstraram mudança do pré para os momentos pós DMIE em ambos os membros. Esse resultado corrobora com resultados reportados por Peñailillo et al. (2015), que também observaram diminuição da força após exercício excêntrico sem alteração do sinal EMG. Segundo Warren et al. (2002), nos primeiros dois a três dias após exercício excêntrico a maior parte da redução da força (~75%) é atribuído à falha de acoplamento na relação excitação contração, e o restante (~25%) seria devido a dano nas estruturas de transmissão e produção de força dentro do músculo. Porém, deve-se ter cuidado ao fazer inferências sobre a recuperação do sistema neuromuscular a partir apenas do sinal RMS, pois este é apenas um parâmetro e, como visto no presente estudo, pode ser observada diminuição na força, sem alteração no sinal EMG, é possível que as alterações neurais decorrentes do protocolo de exercício excêntrico não sejam evidenciadas no sinal RMS.

Porém, pelo fato de ter sido encontrada diminuição da força, sem alteração no sinal EMG, é possível que as alterações neurais decorrentes do protocolo de exercício excêntrico não sejam evidenciadas no sinal RMS.

No presente estudo após exercício excêntrico, ambos os membros demonstraram alteração do ângulo de PT dinâmico em direção a maiores amplitudes articulares, similar ao reportado por outros autores (Brockett et al., 2001; Chen et al., 2007; Chen et al., 2011a). De forma semelhante, em estudo de Chen et al. (2011a), o grupo controle e os grupos de TFlex apresentaram alterações no ângulo de PT dinâmico, porém o grupo controle apresentou maiores alterações. Essa alteração no ângulo de PT imediatamente pós exercício e nos dias que o sucedem, tem sido sugerida como decorrente de rupturas de sarcômeros (Chen et al., 2007). Estudos prévios sugerem que um treinamento de flexibilidade poderia aumentar o número de sarcômeros em série na fibra muscular (Proske & Morgan, 2001), aumentando o ângulo ótimo no qual ocorre a produção de força, o que promoveria uma proteção ao dano muscular induzido pelo exercício (Chen et al., 2011). A falta de alteração significativa no ângulo de PT após período de TFlex é um dos possíveis motivos pelos quais a intervenção proposta não tenha sido capaz de conferir efeito protetor ao DMIE. Como referido anteriormente, alteração no ângulo de PT em direção a maiores amplitudes articulares é um indicativo de aumento do número de sarcômeros em série. E através desse aumento seria possível diminuir a tensão ao longo do músculo durante as contrações excêntricas, atenuando a magnitude do DMIE (McHugh et al., 1999a).

Outra limitação funcional causada pelo DMIE é a queda na ADM. A redução da ADM é atribuída ao significativo aumento do edema dos tecidos afetados, principalmente os tecido conectivos das regiões próximas da junção miotendínea (Cheung et al., 2003). No presente estudo, tanto a ADM_{Flex} quanto a ADM_{Ext} tiveram redução significativa apenas 48h e 72h após exercício excêntrico para MT e MC. Em estudo prévio, LaRoche e Connolly (2006), que realizaram quatro semanas de TFlex, relataram manutenção da ADM após exercício excêntrico, indicando pequeno efeito protetor sobre o dano muscular. Ainda, os autores ressaltam que os sujeitos conseguiram manter a ADM após exercício excêntrico por serem capazes de suportar maior torque passivo após um período de TFlex, do mesmo modo que no presente estudo, em que o MT mostrou um aumento no TP após o exercício.

Apesar de similaridades do estudo de LaRoche e Connolly (2006) com o presente estudo quanto aos achados referentes ao TP após TFlex, as respostas diferem quanto à manutenção da ADM após exercício induzindo dano muscular. Essas diferenças podem ser decorrentes do protocolo de exercício excêntrico utilizado. Enquanto que no presente estudo foram realizadas 60 contrações excêntricas máximas em dinamômetro isocinético, LaRoche e Connolly (2006) utilizaram aparelho isoinercial com carga de 70% do pico de torque mensurado durante a familiarização, e realizaram apenas 45 contrações excêntricas. Sabe-se que a magnitude de DMIE tem relação com a intensidade do exercício realizado (Nosaka & Newton, 2002). Contrações máximas, como as que são realizadas em dinamômetro isocinético, produzem maiores alterações nos marcadores indiretos de DMIE e por isso exigem maior tempo de recuperação (Nosaka & Newton, 2002). Assim, é provável que o TFlex, conforme proposto por LaRoche e Connolly (2006), tenha sido capaz de conferir efeito protetor quanto a ADM em condições excêntricas submáximas, porém para que ocorra efeito protetor a estímulos excêntricos máximos, parece ser necessário mais que seis semanas de TFlex.

Em estudo de oito semanas de TFlex para os músculos isquiotibiais, realizado por Chen et al. (2011a), foi reportada menor diminuição da ADM nos grupos que realizaram TFlex estática e FNP quando comparados com grupo controle. Ainda, ambos os grupos de TFlex recuperaram sua ADM cinco dias após. É importante ressaltar que Chen et al. (2011a) também utilizaram contrações excêntricas máximas, assim como no presente estudo, porém encontraram resultados diferentes. No estudo desses autores, foi reportado aumento de 24° da ADM_{Flex}, enquanto que no presente estudo o aumento encontrado foi de 10,6°. Ainda, houve diferença quanto aos valores pré treinamento das populações utilizadas. No presente estudo, fizeram parte de amostra sujeitos com ADM pré TFlex de 60°, enquanto no estudo de Chen et al. (2011a) os valores pré TFlex foram de 96,1°. É possível que para que o TFlex confira efeito protetor quanto a alterações da ADM após exercício induzindo dano muscular, seja necessário que os sujeitos consigam atingir maiores ADM do que as reportadas no pós TFlex no presente estudo.

A dor muscular também é usualmente utilizada como marcador de DMIE, sendo que o pico de dor ocorre geralmente de 24h a 48h após o exercício, podendo persistir por até três a quatro dias, dependendo do exercício (Clarkson & Hubal, 2002; Cheung et al. 2003 Proke & Allen, 2005). No presente estudo, quando a dor muscular foi mensurada através da escala visual analógica (EVA) (DMT_{EVA}), os níveis de dor apresentaram elevação imediatamente após, tiveram seu pico em 48h e se mantiveram elevados em 72h após para ambos os membros. Quando avaliada através da pressão com a utilização de um algômetro ($DMT_{Pressão}$), foi observado aumento da dor 24h e 48h após, com pico em 48h. Esses achados corroboram com os resultados de LaRoche e Connolly (2006), que também não relataram diferença na percepção de dor entre os grupos de TFlex e controle após quatro semanas de TFlex. Já Chen et al. (2011a), relataram o pico de dor 24h após, e observaram menor aumento da dor nos grupos de TFlex.

São também utilizadas para avaliação do DMIE imagens obtidas por ultrassom. A partir dessas imagens, é possível avaliar a espessura muscular e a *echo intensity* das imagens. Aumentos da *echo intensity* e da espessura muscular estão relacionadas ao edema causado pelo DMIE, e têm seus picos de 72h a 96h após (Proske & Allen, 2005; Fujikake et al., 2008). No presente estudo, os músculos bíceps femoral e semitendíneo apresentaram aumento da espessura muscular, sendo que o bíceps femoral apresentou aumento em todos os momentos pós exercício excêntrico, e o semitendíneo apresentou aumento somente após 72h. Ainda, o bíceps femoral apresentou seu pico em 48h e 72h após, e o semitendíneo apresentou alteração apenas em 72h, próximo dos momentos em que há inflamação e edema. Pelo fato de não ter sido encontrada diferença entre os grupos MT e MC, pode-se reafirmar que o TFlex proposto no presente estudo não foi capaz de conferir efeito protetor quanto ao DMIE. Alterações da espessura muscular após exercício induzindo dano têm sido reportados principalmente em trabalhos avaliando membros superiores (Radaelli et al., 2012 e 2014; Chen et al., 2011b), porém não se tem conhecimento de outros trabalhos que tenham avaliado o comportamento da espessura muscular após DMIE nos músculos isquiotibiais, dificultando a comparação dos resultados encontrados.

Para a *echo intensity* as alterações observadas após exercício excêntrico não foram suficientes para causar alterações significativas nessa no bíceps femoral, porém foi observado aumento após 72h no semitendíneo. Diferentemente do presente estudo, Chen et al. (2011b) encontraram aumento significativo na *echo intensity* do bíceps femoral após exercício excêntrico. O protocolo de utilizado por Chen et al. (2011b) foi de seis séries de cinco contrações excêntricas a 90°/s. É possível que a intensidade do protocolo proposto por Chen et al. (2011b) tenha sido capaz de provocar alterações as quais não puderam ser observadas no presente estudo. Outro aspecto que pode ter contribuído para as diferenças entre os estudos de Chen et al. (2011b) e o presente, é a forma como foram realizadas as análises de *echo intensity*. No presente estudo, foi avaliada a maior área de interesse do músculo, enquanto Chen et al. (2011b) utilizaram uma região de interesse de 2cm². Avaliar a maior área muscular possibilita analisar diferentes partes do músculo que podem ter sido acometidas com maior ou menor intensidade pelo DMIE, o que pode resultar em diferenças nos valores obtidos.

Um aspecto que dificulta a comparação dos resultados das análises tanto de espessura muscular quanto de *echo intensity*, é que a maioria dos estudos que realizaram essas avaliações, utilizaram músculos dos membros superiores, principalmente com o bíceps braquial e braquial (Radaelli et al., 2012 e 2014; Chen et al., 2011b). Estudo de Chen et al. (2011b) comparou a resposta de DMIE entre músculos dos membros superiores (bíceps e tríceps braquial) e músculos dos membros inferiores (quadríceps e isquiotibiais). Em seus resultados, relataram que a magnitude do dano foi mais elevada nos músculos dos membros superiores, o que demonstrou que os membros inferiores são menos suscetíveis ao DMIE. Visto isso, é possível que seja necessário uma intensidade de exercício diferente da proposta no presente estudo para que sejam observadas alterações significativas na *echo intensity* em mais momentos pós-exercício excêntrico.

De acordo com os resultados do presente estudo e dos demais que avaliaram os efeitos do TFlex sobre o DMIE (LaRoche e Connolly, 2006; Eston et al., 2007; Chen et al., 2011a), há pouca evidência de que o TFlex possa conferir um efeito protetor sobre o dano muscular. Isso porque, apenas o

protocolo de TFlex proposto por Chen et al. (2011a), que realizou TFlex por oito semanas e utilizou alto volume total de treino, foi capaz de conferir efeito protetor sobre o dano após contrações excêntricas máximas. Ainda, da mesma forma que estudos anteriores reportaram pequeno ou nenhum efeito protetor sobre o DMIE (LaRoche e Connolly, 2006; Eston et al., 2007), o presente estudo não demonstrou alteração na resposta de dano muscular em decorrência de um período de TFlex. Desta forma, observa-se que há pouco suporte na literatura que evidencie efeito protetor sobre o dano muscular através de treino de flexibilidade.

Limitações do Estudo

A principal limitação do presente estudo foi o número amostral. O cálculo amostral realizado inicialmente apontou ser necessário avaliar 13 sujeitos, porém, houve dificuldade no recrutamento de amostra que se adequasse nos critérios de inclusão e exclusão do estudo. Desta forma, o estudo foi concluído com um menor número de sujeitos que o estipulado.

CONCLUSÕES

Através dos resultados do presente estudo, é possível afirmar que seis semanas de TFlex realizadas duas vezes por semana com alto volume foram capazes de provocar aumento da ADM com aumento de torque passivo na máxima ADM e esse aumento observado na flexibilidade parece ter ocorrido devido ao aumento da tolerância ao alongamento. Apesar das alterações observadas após o período de treino, o protocolo de treino de flexibilidade proposto não foi capaz de causar efeito protetor em resposta a um protocolo de exercício excêntrico máximo.

7. REFERENCIAS

American College of Sports Medicine. Position Stand, 2011

Akagi R, Takahashi H. Effect of a 5-week static stretching program on hardness of the gastrocnemius muscle. *Scand J Med Sci Sports*, 2014; 24 (6): 950-7.

Abdel-Aziem AA, Mohammad WS. Plantar-flexor Static Stretch Training Effect on Eccentric and Concentric Peak Torque – A comparative Study of Trained versus Untrained Subjects. *J Hum Kinet*. 2012; 34: 49-58.

Aguiar AF, Buzzachera CF, Pereira RM, Sanches VC, Januário RB, da Silva RA, Rabelo LM, de Oliveira Gil AW. A single set of exhaustive exercise before resistance training improves muscular performance in young men. *Eur J Appl Physiol*. 2015; 115 (7): 1589-99

Aquino CF, Fonseca ST, Gonçalves GG, Silva PL, Ocarino JM, Mancini MC. Stretching versus strength training in lengthened position in subjects with tight hamstring muscles: A randomized controlled trial. *Man Ther*. 2010; 15 (1): 26-31

Ayala F, Sainz de Baranda P, De Ste Croix M, Santonja F. Comparison of active stretching technique in males with normal and limited hamstring flexibility. *Phys Ther Sport*. 2013; 14(2):98-104

Bandy WD, Irion JM. The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther*. 1994; 74(9):845-50

Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther*. 1997; 77 (10): 1090-6.

Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The Effect of Static Stretch and Dynamic Range of Motion Training on the Flexibility of the Hamstring muscles. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1998; 27 (4): 295-300

Ben M, Harvey LA. Regular stretch does not increase muscle extensibility: a randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sports*, 2010; 20 (1): 136- 44.

Blackburn JT, Bell DR, Norcross MF, Hudson JD, Kimsey MH. Sex comparison of hamstring structural and material properties. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2009; 24(1):65-70.

Blackburn JT, Pamukoff DN. Geometric and architectural contributions to hamstring musculotendinous stiffness. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2014; 29(1):105-10.

Botton CE, Radaelli R, Wilhelm EN, Rech A, Brown LE, Pinto RS. Neuromuscular Adaptations to Unilateral vs. Bilateral Strength Training in Women. *J Strength Cond Res*. 2015; 29.

Brockett CL, Morgan DL, Proske U. Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Med Sci Sports Exerc*. 2001; 33 (5): 783–90.

Byrne C, Twist C, Eston R. Neuromuscular Function After Exercise-Induced Muscle Damage. *Sports Med*. 2004; 34 (1): 49-69.

Cabido CE, Bergamini JC, Andrade AG, Lima FV, Menzel HJ, Chagas MH. Acute effect of constant torque and angle stretching on range of motion, muscle passive properties, and stretch discomfort perception. *J Strength Cond Res*, 2014; 28 (4): 1050-7

Chan SP, Hong Y, Robinson PD. Flexibility and passive resistance of the hamstrings of young adults using two different static stretching protocols. *Scand J Med Sci Sports*, 2001; 11 (2):81-6.

Chen CH, Nosaka K, Chen HL, Lin MJ, Tseng KW, Chen TC. Effects of flexibility training on eccentric exercise-induced muscle damage. *Med Sci Sports Exerc* 2011; 43(3): 491- 500a.

Chen TC, Lin KY, Chen HL, Lin MJ, Nosaka K. Comparison in eccentric exercise-induced muscle damage among four limb muscles. *Eur J Appl Physiol.* 2011; 111 (2): 211-23b.

Chen TC, Chen HL, Lin MJ, Chen CH, Pearce AJ, Nosaka K. Effect of two maximal isometric contractions on eccentric exercise-induced muscle damage of the elbow flexors. *Eur J Appl Physiol.* 2013; 113(6):1545-54.

Cheung K, Hume P, Maxwell L. Delayed Onset Muscle Soreness Treatment Strategies and Performance Factors. *Sports Med.* 2003; 33 (2): 145-64.

Cipriani D, Abel B, Pirwitz D. A Comparison of Two Stretching Protocols on Hip Range of Motion: Implications for Total Daily Stretch Duration. *J Strength Cond Res.* 2003; 17 (2): 274-8.

Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. *Am J Phys Med Rehabil.* 2002; 81 (11 Suppl): S52- 69.

Clarkson PM, Sayers SP. Etiology of exercise-induced muscle damage. *Can J Appl Physiol.* 1999 Jun;24(3):234-48.

Coutinho EL, Gomes AR, França CN, Oishi J, Salvini TF. Effect of passive stretching on the immobilized soleus muscle fiber morphology. *Braz J Med Biol Res.* 2004; 37(12): 1853- 61.

Cox VM, Williams PE, Wright H, James RS, Gillott KL, Young IS, Goldspink DF. Growth induced by incremental static stretch in adult rabbit latissimus dorsi muscle. *Exp Physiol.* 2000; 85 (2): 193-202.

De Luca, CJ. The use of electromyography in biomechanics. *J Appl Biomec.* 1997; 13:135–163.

Enoka RM. Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. *J Appl Physiol.* 1996; 81: 2339- 2346.

Eston RG, Rowlands AV, Coulton D, McKinney, J.; Gleeson, N. P., Effect of flexibility training on symptoms of exercise-induced muscle damage: A preliminary study. *J Exerc Sci Fit.* 2007; 5 (1): 33- 39.

Ferreira GN, Teixeira-Salmela LF, Guimarães CQ. Gains in Flexibility Related to Measures of Muscular Performance: Impact of Flexibility on Muscular Performance. *Clin J Sport Med.* 2007 Jul;17(4):276-81.

Folpp H, Deall S, Harvey LA, Gwinn T. Can apparent increases in muscle extensibility with regular stretch be explained by changes in tolerance to stretch? *Aust J Physiother.* 2006; 52 (1): 45-50.

Freitas SR, Mil-Homens P. Effect of 8-week high-intensity stretching training on biceps femoris architecture. *J Strength Cond Res.* 2015; 29 (6): 1737-40

Fridén J, Lieber RL. Eccentric exercise-induced injuries to contractile and cytoskeletal muscle fibre components. *Acta Physiol Scand,* 2001; 171: 321-326.

Gajdosik RL. Effects of Static Stretching on the Maximal Length and Resistance to Passive Stretch of Short Hamstring Muscles. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1991;14 (6): 250-5.

Gajdosik RL, Allred JD, Gabbert HL, Sonsteng BA. A stretching program increases the dynamic passive length and passive resistive properties of the calf muscle-tendon unit of unconditioned younger women. *Eur J Appl Physiol.* 2007; 99 (4): 449-54

Guissard N, Duchateau J. Effect of static stretch training on neural and mechanical properties of the human plantar-flexor muscles. *Muscle Nerve.* 2004; 29 (2): 248- 55.

Halbertsma JPK, Goeken LNH. Stretching exercises: effect on passive extensibility and stiffness in short hamstrings of healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil.* 1994; 75: 976-981.

Herzog W. Mechanisms of enhanced force production in lengthening (eccentric) muscle contractions. *J Appl Physiol (1985).* 2014; 116 (11): 1407-17.

Heyward VH, Stolarczyk LM. Avaliação da composição corporal aplicada. São Paulo. Manole, 2000.

Howell, DC. Statistical Methods for Psychology, 8ª edição, 2013. Wadsworth, Cengage Learning

Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. Br J Nutr, 1978, 40: 497–504.

Johansson PH, Lindstrom L, Sundelin G, Lindstrom B. The effects of preexercise stretching on muscular soreness, tenderness and force loss following heavy eccentric exercise. Scand J Med Sci Sports 1999; 9: 219-225.

Kay AD, Blazevich AJ. Concentric muscle contractions before static stretching minimize, but do not remove, stretch-induced force deficits. J Appl Physiol 2010; 108 (3): 637-45.

Kendall FP, McCreary, Provance PG, Rodgers MM, Romani WA. Músculos: Provas e Funções com Postura e Dor. 5ª edição, 2007, Barueri, Manole.

Konrad A, Tilp M. Increased range of motion after static stretching is not due to changes in muscle and tendon structures. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2014; 29 (6): 636-42

LaRoche DP, Connolly DAJ. Effects of Stretching on Passive Muscle Tension and Response to Eccentric Exercise. Am J Sports Med. 2006, 34 (6): 1000-1007.

Law RY, Harvey LA, Nicholas MK, Tonkin L, De Sousa M, Finnis DG. Stretch Exercises Increase Tolerance to Stretch in Patients With Chronic Musculoskeletal Pain: A Randomized Controlled Trial. Phys Ther. 2009; 89 (10): 1016-26

Lima KM, Carneiro SP, Alves DdeS, Peixinho CC, de Oliveira LF. Assessment of muscle architecture of the biceps femoris and vastus lateralis by ultrasound after a chronic stretching program. Clin J Sport Med. 2015; 25 (1): 55-60

Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Gleim GW, McHugh MP, Kjaer M. Viscoelastic response to repeated static stretching in the human hamstring muscle. *Scand J Med Sci Sports* 1995; 5: 342-347.

Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Dyhre-Poulsen P, McHugh MP, Kjaer M. Mechanical and Physiological Responses to Stretching With and Without Preisometric Contraction in Human Skeletal Muscle. *Arch Phys Med Rehabil* 1996; 77 (4): 373-8a.

Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Kjaer M. Biomechanical Responses to Repeated Stretches in Human Hamstring Muscle In Vivo. *Am J Sports Med* 1996; 24 (5): 622- 8b.

Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Sørensen H, Kjaer M. A mechanism for altered flexibility in human skeletal muscle. *J Physiol.* 1996; 15; 497: 291-8c.

Magnusson SP, Aagaard P, Nielson JJ. Passive energy return after repeated stretches of the hamstring muscle-tendon unit. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32(6): 1160- 4a.

Marshall PW, Cashman A, Cheema BS. A randomized controlled trial for the effect of passive stretching on measures of hamstring extensibility, passive stiffness, strength, and stretch tolerance. *J Sci Med Sport.* 2011; 14 (6): 535-40.

McHugh MP, Connolly DA, Eston RG, Gleim GW. Exercise-induced muscle damage and potential mechanisms for the repeated bout effect. *Sports Med,* 1999; 27(3): 157-70a.

McHugh MP, Connolly DA, Eston RG, Kremenec IJ, Nicholas SJ, Gleim GW. The role of passive muscle stiffness in symptoms of exercise-induced muscle damage. *Am J Sports Med,* 1999; 27: 594-599b.

McNair PJ, Dombroski EW, Hewson DJ, Stanley SN. Stretching at the ankle joint: viscoelastic responses to holds and continuous passive motion. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33(3): 354-8.

Mizuno T, Matsumoto M, Umemura Y. Decrements in Stiffness are Restored within 10 min. *Int J Sports Med.* 2013; 34(6): 484-90.

Morgan DL. New insights into the behavior of muscle during active lengthening. *Biophys J.* 1990; 57(2): 209-21.

Nakamura M, Ikezoe T, Takeno Y, Ichihashi N. Effects of a 4-week static stretch training program on passive stiffness of human gastrocnemius muscle-tendon unit in vivo. *Eur J Appl Physiol.* 2012; 112 (7): 2749- 55.

Narici M, Vroi, GS, Landoni, L, Minetti AE, Cerretelli, P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur. J. Appl. Physiology.* 1989; 59: 310 – 319.

Newton MJ, Morgan GT, Sacco P, Chapman DW, Nosaka K. Comparison of responses to strenuous eccentric exercise of the elbow flexors between resistance-trained and untrained men. *J Strength Cond Res.* 2008; 22 (2): 597-607.

Nordez A, McNair P, Casari P, Cornu C. Acute Changes in Hamstrings Musculo-Articular Dissipative Properties Induced by Cyclic and Static Stretching. *Int J Sports Med.* 2008; 29(5): 414- 8.

Nosaka K, Newton M. Difference in the Magnitude of Muscle Damage Between Maximal and Submaximal Eccentric Loading. *J Strength Cond Res.* 2002; 16 (2): 202-8.

Nosaka K, Newton M, Sacco P, Chapman D, Lavender A. Partial Protection against Muscle Damage by Eccentric Actions at Short Muscle Lengths. *Med Sci Sports Exerc.* 2005; 37 (5): 746- 753.

Paddon-Jones D, Keech A, Lonergan A, Abernethy P. Differential expression of muscle damage in humans following acute fast and slow velocity eccentric exercise. *Sci Med Sport.* 2005; 8 (3): 255- 63.

Peixoto GH, Andrade AG, Menzel HJ, Araújo SR, Pertence AE, Chagas MH. Viscoelastic stress relaxation in the hamstrings before and after a 10-week stretching program. *Muscle Nerve*. 2015; 51 (5): 761-4.

Peñailillo L, Blazeovich A, Numazawa H, Nosaka K. Rate of force development as a measure of muscle damage. *Scand J Med Sci Sports*. 2015; 25 (3): 417-27

Proske U, Allen TJ. Damage to Skeletal Muscle from Eccentric Exercise. *Exerc Sport Sci Rev.*, 2005; 33 (2): 98 –104.

Proske U, Morgan DL. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *J Physiol*. 2001; 537: 333–45.

Raastad T, Hallén J. Recovery of skeletal muscle contractility after high- and moderate-intensity strength exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2000;82 (3): 206-14.

Radaelli R, Bottaro M, Wilhelm EN, Wagner DR, Pinto RS. Time course of strength and echo intensity recovery after resistance exercise in women. *J Strength Cond Res*. 2012; 26(9): 2577- 84.

Radaelli R, Bottaro M, Wagner D, Wilhelm EN, Gava M, Pinto RS. Men and women experience similar muscle damage after traditional resistance training protocol. *Isokinet Exerc*. 2014; 22: 47-54.

Reid DA, McNair PJ. Passive Force, Angle, and Stiffness Changes after Stretching of Hamstring Muscles. *Med Sci Sports Exerc*. 2004; 36 (11): 1944-8.

Sainz de Baranda P, Ayala F. Chronic Flexibility Improvement After 12 Week of Stretching Program Utilizing the ACSM Recommendations: Hamstring Flexibility. *Int J Sports Med*. 2010; 31 (6): 389-96.

SENIAM. www.seniam.org

Warren GL, Lowe DA, Armstrong RB. Measurement Tools Used in the Study of Eccentric Contraction–Induced Injury. *Sports Med*. 1999; 27 (1): 43-59.

8. ANEXOS

Anexo 1 Cartaz de divulgação do estudo



CONVITE PARA PARTICIPAR DE PESQUISA DE MESTRADO

Convidamos homens com idade entre 18 e 30 anos sem histórico de lesões e que não estejam praticando treinamento físico envolvendo membros inferiores nos últimos 3 meses, a participar de uma pesquisa de mestrado que irá avaliar o efeito de 6 semanas de treino de flexibilidade sobre o dano muscular induzido por exercício excêntrico na musculatura posterior da coxa.

Para participar, deve-se comparecer no Campus da Escola de Educação Física da UFRGS durante oito semanas. As semanas inicial e final serão de avaliações e serão duas sessões semanais de treino durante um período de seis semanas.

Agendamentos e entrevistas pelos telefones: (51) 8477-4847 ou (51) 3308-5845 - Falar com Clarissa Brusco.
Ou pelo email: clarissa.brusco@gmail.com

Responsáveis:

- Prof Dr. Ronei Silveira Pinto
- Clarissa Müller Brusco

Anexo 2 Termo de Consentimento

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Nome:

Dados de Identificação do Pesquisador Responsável:

Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto

Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX)

Escola de Educação Física (ESEF)

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

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

Telefone: 051 3308-5894

Clarissa Müller Brusco

Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX)

Escola de Educação Física (ESEF)

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

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

Telefone: 051 8477-4847

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

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

O título desse estudo é **“Efeito do treinamento de flexibilidade sobre o dano muscular induzido por exercício excêntrico”**, e tem como objetivo avaliar a influência do treino de flexibilidade sobre o dano muscular induzido pelo exercício excêntrico dos músculos isquiotibiais. Para tanto, ambas as coxas do indivíduo serão avaliadas, porém apenas uma delas irá realizar o treino de flexibilidade.

O estudo terá duração total de oito semanas e será realizado no Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) do Campus Olímpico da UFRGS. Antes e após o período de treino serão realizadas, durante quatro dias consecutivos, avaliações de flexibilidade, força dinâmica e isométrica, dor muscular, espessura muscular e dano muscular por ultrassonografia. Todas essas avaliações serão realizadas antes do exercício de força excêntrico, logo após, 24h, 48h e 72h após o exercício induzindo dano muscular. Após a semana inicial de avaliações será realizado treino de flexibilidade, em apenas um dos membros, durante seis semanas com duas sessões semanais. Caso seja observado importante desequilíbrio articular entre os membros após o término das avaliações finais, será oferecido um período de seis semanas de treino de flexibilidade no membro que não realizou o treinamento para reestabelecimento do equilíbrio articular entre os membros.

A participação no estudo não implica em despesas aos voluntários, assim como não prevê qualquer tipo de remuneração financeira. Os riscos à saúde são mínimos, e consistem em dor ou desconforto muscular, redução

temporária na amplitude de movimento e sensação de inchaço muscular após o protocolo de exercício e nos dias subseqüentes. O protocolo de exercício assim como o período de coletas contará com acompanhamento médico e fisioterápico.

A sua assinatura nesse formulário indica que você entendeu como se dará sua participação nesse projeto e que você concorda em participar como sujeito. De forma alguma esse consentimento lhe faz renunciar aos seus direitos legais, e nem libera os investigadores, patrocinadores, ou instituições envolvidas de suas responsabilidades pessoais ou profissionais. Se tiver qualquer dúvida em relação a esta pesquisa, favor contatar os responsáveis por este projeto cujos telefones estão no início deste termo de consentimento livre e esclarecido ou o Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (51 3308-3738). Caso julgue ter havido violação de algum dos seus direitos, você poderá fazer contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS.

Porto Alegre, _____ de _____ de _____.

Voluntário

Ronei Silveira Pinto – Pesquisador Responsável

Clarissa Müller Brusco

Anexo 3 Dados do Participante

Nome:

Código.....

Sexo:

Data de Nascimento: Idade:

Endereço Atual:

Cidade: Estado: País:

Telefone:

E-mail:

Anexo 4 Questionário de Informações Prévias

Código:

- 1) Pratica ou já praticou treinamento de força, aeróbio ou flexibilidade regularmente?
- 2) Há quanto tempo não realiza treinamento de força ou flexibilidade para membros inferiores ou aeróbio regularmente?
- 3) Realiza algum outro tipo de treinamento esportivo e/ou exercício que utilize demasiadamente os membros inferiores? Qual?
- 4) Realiza com frequência algum tipo de atividade diária que utilize os membros inferiores intensamente?
- 5) Apresenta algum tipo de doença que possa impedir ou dificultar a prática de exercícios físicos?

 hipertensão doenças cardíacas
 diabetes problemas músculo-esqueléticos Outros
- 6) Sente ou já sentiu algum desconforto com a prática de exercícios físicos?
- 7) Histórico de lesões musculoesqueléticas:

Anexo 5 Ficha de avaliação antropométrica dos indivíduos

Código _____ Data da Avaliação: _____

Estatura: _____ m. Massa: _____ kg.

IMC: _____ kg/m² %GC: _____

Dobras Cutâneas	1ª Medida	2ª Medida	3ª Medida	Média
Peitoral				
Abdome				
Coxa				