

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

**EFEITO AGUDO DO ALONGAMENTO ESTÁTICO NO DESEMPENHO
NEUROMUSCULAR DE IDOSAS: COMPARAÇÃO ENTRE MEMBROS**

RAQUEL GONÇALVES

São Carlos

2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

**EFEITO AGUDO DO ALONGAMENTO ESTÁTICO NO DESEMPENHO
NEUROMUSCULAR DE IDOSAS: COMPARAÇÃO ENTRE MEMBROS**

RAQUEL GONÇALVES

ORIENTADOR: PROF. DR. JOSÉ RUBENS REBELATTO

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. SEBASTIÃO GOBBI

São Carlos

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA

RAQUEL GONÇALVES

**EFEITO AGUDO DO ALONGAMENTO ESTÁTICO NO DESEMPENHO
NEUROMUSCULAR DE IDOSAS: COMPARAÇÃO ENTRE MEMBROS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Fisioterapia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Fisioterapia.

Orientador: Prof. Dr. José Rubens Rebelatto

Co-orientador: Prof. Dr. Sebastião Gobbi

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da Biblioteca Comunitária UFSCar
Processamento Técnico
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G635e Gonçalves, Raquel
 Efeito agudo do alongamento estático no
desempenho neuromuscular de idosas : comparação entre
membros / Raquel Gonçalves. -- São Carlos : UFSCar,
2016.
 60 p.

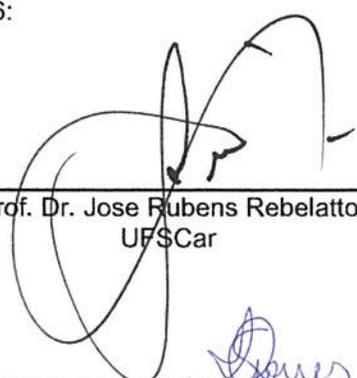
 Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São
Carlos, 2016.

 1. Alongamento. 2. Força muscular. 3.
Envelhecimento. I. Título.



Folha de Aprovação

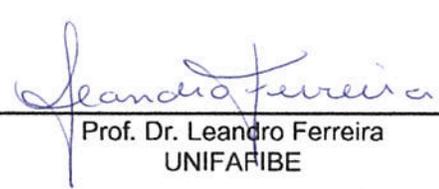
Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado da candidata Raquel Gonçalves, realizada em 23/06/2016:



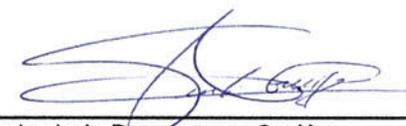
Prof. Dr. Jose Rubens Rebelatto
UFSCar



Profa. Dra. Grace Angélica de Oliveira Gomes
UFSCar



Prof. Dr. Leandro Ferreira
UNIFAFIBE



Prof. Dr. Andre Luiz Demantova Gurjão
UNIVASF



Profa. Dra. Larissa Pires de Andrade
UFSCar

DEDICATÓRIA

Ao meu filho Vicenzo Ramasco, que me amou incondicionalmente durante o desenvolvimento do presente trabalho. Obrigada por estar ao meu lado sempre.

AGRADECIMENTOS

A minha mãe Silvia, meu pai Sérgio e meus irmãos Débora, Nathalia e Victor pela base familiar, apoio e carinho dedicados durante toda minha trajetória.

Ao Bruno Ramasco pelo companheirismo, pela força e pelo acolhimento durante os anos.

Ao orientador José Rubens Rebelatto pela confiança, pela orientação e aprimoramentos acadêmicos que me foram dedicados.

Ao co-orientador Sebastião Gobbi pela amizade, pelas orientações acadêmicas e pelos exemplos de caráter e honestidade que me foram passados durante todos esses anos.

A grande amiga Ana Keller, pela amizade, pelo carinho e pelas orações. Obrigada por ter cuidado de nós.

A equipe, pais e crianças do Bosque Jardim de Infância pelo acolhimento, gratidão eterna.

Ao LAPESI, ao Programa Revitalização de Adultos e Capes, pelos recursos e pelo apoio financeiro que me proporcionou os materiais utilizados na elaboração e minha dedicação integral ao Programa de Doutorado.

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi analisar o efeito agudo do alongamento estático no pico de torque (PT) isométrico, atividade eletromiográfica (EMG), amplitude de movimento (AM) máxima, pico de torque passivo e torque passivo correspondente ao ângulo máximo de idosas, em membros superiores e inferiores. A amostra foi composta por 15 mulheres (67.0 ± 4.0 anos; 70.0 ± 12.0 Kg; $1,56 \pm 0.0$ m; 28.6 ± 5.0 Kg/m²). O PT isométrico e atividade EMG dos músculos bíceps braquial (BB) e bíceps femoral (BF) foram testados em dois exercícios (flexão do cotovelo ou flexão do joelho), após 2 condições separadas: alongamento (A) (3 séries de 30 segundos) e controle (C). A AM máxima, pico de torque passivo e torque passivo correspondente ao ângulo máximo durante a extensão do joelho foram avaliados em dinamômetro isocinético após as condições A ou C. Em cada dia, apenas uma condição e um tipo de exercício foram testados e a ordem de emprego para cada condição e exercício foram determinadas aleatoriamente. Três tentativas pós-condições foram realizadas para acompanhar o comportamento da força, atividade muscular e AM. A ANOVA two-way demonstrou interação condição vs. exercício significativa ($p = 0.01$) para o PT isométrico, sendo que o alongamento causou reduções significativas nos valores de PT para os flexores de joelho (8%) e nenhuma alteração foi verificada nos valores de PT isométrico dos flexores de cotovelo. Não foi observada interação condição vs. exercício significativa ($p = 0.14$) para a EMG dos músculos BB e BF. Além disso, o teste t-Student pareado demonstrou que o protocolo de alongamento causou aumento significativo da AM máxima ($p = 0.01$), porém o pico de torque passivo e torque passivo correspondente ao ângulo máximo permaneceram inalterados. Em conclusão, séries agudas de alongamento estático podem afetar a capacidade dos flexores de joelho de produzir força muscular máxima, mas não afetam o desempenho dos flexores de cotovelo. Além disso, três séries de 30 segundos de alongamento estático causam aumentos da AM máxima dos flexores de joelho, mas não alteram o pico de torque passivo e torque passivo correspondente ao ângulo máximo de mulheres idosas.

Palavras-chave: Alongamento. Força muscular. Envelhecimento

ABSTRACT

The aim of the present study was to analyze the acute effects of static stretching on isometric peak torque (PT), electromyographic (EMG), maximum range of motion (ROM), peak passive torque and maximum angle passive torque of elderly, in upper and lower limbs. The sample consisted of 15 women (67.0 ± 4.0 years old; 70.0 ± 12.0 kg, 1.56 ± 0.0 m; 28.6 ± 5.0 kg / m²). Isometric PT and EMG activity of the biceps brachii (BB) and biceps femoris (BF) were tested in two exercises (elbow flexion or knee flexion), after two separate conditions: stretching (S) (3 sets of 30 seconds) and control (C). Maximum ROM, peak passive peak torque and maximum angle passive torque were evaluated using an isokinetic dynamometer after the conditions S or C. Each day, only one condition and a type of exercise were tested and order employment for each condition and exercise were determined randomly. Three post-conditions were made to observe the behavior of force, muscle activity and ROM. The two-way ANOVA showed significant exercise interaction vs. condition ($p = 0.01$) to isometric PT, and the stretching caused significant decreases in isometric PT values for the knee flexors (8%) and no change was observed in the elbow flexors isometric PT values. There was no significant exercise interaction vs. condition ($p = 0.14$) to EMG for the BB and BF muscles. In addition, the paired t-test showed that the stretching protocol caused significant increase in the maximum ROM ($p = 0.01$), but the peak torque and maximum angle passive torque remained unchanged. In conclusion, acute series of static stretching may affect the ability of the knee flexors to produce maximum muscle strength, but do not affect the performance of the elbow flexors. Further, three series of 30-second static stretching increases the knee flexors maximum ROM, but do not alter the peak torque and maximum angle passive torque of elderly women.

Key-words: Stretching. Muscular strength. Aging

LISTA DE TABELAS**MANUSCRITO 1**

Tabela 1 - Valores de pico de torque (PT) isométrico durante flexão de cotovelo e flexão de joelho na condição controle (C) e alongamento (A)	25
---	-----------

Tabela 2 - Valores de atividade eletromiográfica (EMG) correspondente ao pico de torque (PT) isométrico dos músculos bíceps braquial (BB) e bíceps femoral (BF), durante flexão de cotovelo e flexão de joelho, respectivamente, nas condições controle (C) e alongamento (A).....	25
--	-----------

MANUSCRITO 2

Tabela 1 - Valores de amplitude de movimento (AM) máxima, pico de torque passivo e torque passivo correspondente ao ângulo máximo nas condições controle e alongamento	37
--	-----------

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mecanismo neural e estrutural envolvidos no déficit de força muscular mediado pelo alongamento.....	12
Figura 2 - Curva comprimento-tensão durante fase dinâmica e estática	14

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 - Comitê de Ética em Pesquisa (parecer).....	56
Anexo 2 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	58

SUMÁRIO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISÃO DA LITERATURA	4
3.1. Déficit de força muscular isométrica mediado pelo alongamento – Relação dose-resposta	4
3.2. Efeito agudo do alongamento estático em diferentes grupos musculares	7
3.3. Efeito de diferentes métodos de alongamento sobre o comportamento agudo da força muscular	7
3.4. Ângulo-dependência	9
3.5. Mecanismos	10
3.5.1. Mecanismo neural	10
3.5.2. Mecanismo estrutural	12
3.6. Efeito do alongamento na amplitude de movimento e nas propriedades viscoelásticas da unidade musculotendínea – Efeito agudo	13
3.7. Efeito crônico do alongamento	14
3.7.1. Torque passivo	14
3.7.2. <i>Stiffness</i>	16
3.7.3. Histerese	17
4. MANUSCRITO 1. O alongamento estático afeta de forma diferenciada membros superiores e inferiores de mulheres idasas	18
5. MANUSCRITO 2. Efeito agudo do alongamento estático na amplitude de movimento e resistência passiva de mulheres idasas	31
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Durante o processo de envelhecimento são observadas modificações morfo funcionais do sistema neuromuscular. Tais alterações acarretam no declínio da funcionalidade dos diferentes componentes da capacidade funcional, em especial na força muscular e na flexibilidade do idoso, o que pode afetar negativamente sua qualidade de vida (ACSM, 1998).

Nesse sentido, a prática regular de atividade física tem sido amplamente recomendada pela comunidade científica com o objetivo de atenuar ou mesmo reverter parcialmente os efeitos negativos do envelhecimento e/ou fatores a ele associados, sobre as expressões da força muscular e flexibilidade (HASKELL et al., 2007; WARBURTON et al., 2001).

Exercícios de alongamento têm sido tradicionalmente recomendados como meio de desenvolver a flexibilidade e como parte integrante de sessões de aquecimento que precedem a prática de atividade física. De qualquer forma, recentes revisões tem demonstrado que protocolos de alongamento prolongados podem, temporariamente, comprometer a habilidade muscular de produzir força, fenômeno denominado como “déficit de força mediado pelo alongamento” (KAY e BLAZEVICH, 2012; McHUG e COSGRAVE, 2010; RUBINI et al., 2007). Com base nos recentes achados, o Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM, 2010) sugeriram que durante o aquecimento que precede a prática de atividades físicas onde o desempenho de força, potência muscular e *endurance* seja importante, exercícios de alongamento devem ser evitados.

Na tentativa de melhor compreender o efeito agudo das diferentes rotinas de alongamento no desempenho de força muscular em idosos, alguns pesquisadores tem observado resultados controversos. Gurjão et al. (2009) demonstraram que três séries de 30 segundos de alongamento estático podem diminuir significativamente os valores de pico de torque (PT) e taxa de desenvolvimento de força (TDF) de mulheres idosas. Por outro lado, Gonçalves et al. (2013) e Ryan et al. (2014) demonstraram que exercícios de alongamento estático não influenciam o desempenho de força muscular de idosos. Parte dessas contradições podem estar relacionadas não só aos diferentes delineamentos experimentais, mas também ao volume do alongamento empregado (KAY e BLAZEVIICH, 2012).

Além disso, o efeito agudo do alongamento nas propriedades da unidade músculotendínea (UMT) e sua relação com o aumento da amplitude de movimento (AM) em idosos ainda não está elucidado de forma concreta na literatura. O conhecimento profundo dos possíveis mecanismos atrelados ao déficit de força muscular mediado pelo alongamento e ao aumento da AM após realização de diferentes protocolos de alongamento é de extrema importância para a escolha correta na prescrição de exercícios para a população idosa.

Durante o desenvolvimento do presente estudo, dois estudos com métodos próprios foram realizados. Para melhor compreensão e leitura do trabalho, optamos por apresentá-los de forma separada, no formato de dois manuscritos: 1) “O alongamento estático afeta de forma diferenciada membros superiores e inferiores de mulheres idosas”; 2) “Efeito agudo do alongamento estático na amplitude de movimento e resistência passiva de mulheres idosas”.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Analisar o efeito agudo do alongamento estático no desempenho neuromuscular de mulheres idosas, comparando membros superiores e inferiores.

2.2. Objetivos específicos

- a) Analisar isoladamente o efeito agudo do alongamento estático no PT isométrico e atividade EMG em membro superior e membro inferior de mulheres idosas;
- b) Comparar o efeito agudo do alongamento estático no PT isométrico e atividade EMG entre membro superior e membro inferior de mulheres idosas;
- c) Analisar o efeito agudo do alongamento estático na AM máxima, pico de torque passivo e torque passivo correspondente ao ângulo máximo durante flexão de joelho, em mulheres idosas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura do presente estudo foi desenvolvida de forma propositiva e de contextualização para os manuscritos que seguem abaixo. Nos próximos tópicos serão discutidas variáveis que podem influenciar diretamente o déficit de força muscular observado após o alongamento, tais como relação dose-resposta, método de alongamento e variáveis relacionadas a avaliação da força muscular. Também serão desenvolvidos tópicos que descrevem os possíveis mecanismos envolvidos no déficit de força muscular mediado pelo alongamento.

Em adição, um tópico será utilizado para discutir o efeito agudo e crônico do alongamento na AM máxima e nas propriedades viscoelásticas da UMT.

3.1. Déficit de força muscular isométrica mediado pelo alongamento - Relação dose –resposta

Estudos que relataram efeitos negativos do alongamento no desempenho de força muscular utilizaram protocolos com durações de até 30 minutos para o mesmo grupo muscular (FOWLES et al., 2000; WEIR et al., 2005). Em estudo realizado por Fowles et al. (2000) 30 minutos de alongamento estático induziram uma redução aguda de 28% no PT isométrico dos flexores plantares. Interessantemente, Herda et al. (2008), ao empregar um volume de alongamento inferior ao adotado por Fowles et al. (2000), reportaram decréscimos na ordem de 10% no PT isométrico dos extensores de joelho após

20 minutos de alongamento estático. Em linha com estes achados, Weir et al. (2005), após realização de 10 minutos de alongamento estático do quadríceps, observaram um déficit de 7% na força muscular.

Em estudo realizado por Viveiros et al. (2004) os autores procuraram investigar o comportamento da AM do ombro após diferentes rotinas de alongamento estático (1x10 segundos, 3x10 segundos, 1x60 segundos, 3x60 segundos, 1x120 segundos e 3x120 segundos). Alterações agudas na AM podem acarretar na diminuição do desempenho muscular. Os autores observaram que os valores da AM do ombro foram maiores após todos os protocolos quando comparados a situação controle. De qualquer forma, após análise intra-grupos foi possível observar que os valores de amplitude de movimento são maiores quando o tempo de alongamento empregado era superior a 60 segundos, independentemente do número de séries.

Embora seja possível observar que o déficit de força muscular apresente um comportamento dependente do tempo de alongamento e do grupo muscular alongado, grande parte dos estudos adotou em seus protocolos experimentais rotinas com tempos de alongamento não condizentes com aqueles das rotinas empregadas na prática. Uma possível relação dose – resposta poderia explicar porque alguns estudos têm reportado que o desempenho de força muscular não é afetado pelo alongamento. Tem sido sugerido que a ausência desse efeito pode ser causada pela utilização de um protocolo de alongamento com menor volume.

Neste sentido, a partir do ano de 2005, é possível verificar um crescente número de publicações que buscaram comparar o efeito de menores volumes de alongamento sobre o desempenho agudo do sistema neuromuscular.

Utilizando um dinamômetro manual, Knudson e Noffal (2005) foram os primeiros autores a analisar o efeito de diferentes volumes de alongamento no desempenho de força máxima. Nesse estudo, a força máxima foi avaliada 10 vezes, com um minuto de descanso entre as avaliações (intervalo de recuperação de um minuto entre as avaliações). Na metade do tempo de descanso (30 segundos) os participantes realizavam 10 segundos de alongamento estático dos flexores do punho. Os autores observaram diminuição estatisticamente significativa na força máxima dos participantes a partir de 40 segundos de alongamento (quarta avaliação da força muscular máxima). De

qualquer forma, os autores discutem que, fisiologicamente, reduções a partir de 5% na força manual podem ser consideradas significativas. Foi observada redução de aproximadamente 5% na força máxima a partir da segunda avaliação. Sendo assim, segundo os autores, 20 segundos de alongamento estático são suficientes para causar redução na força máxima manual de adultos jovens.

Em relação a membros inferiores, Ogura et al. (2007) compararam o efeito de dois volumes de alongamento estático (1 x 30 e 1 x 60 segundos) no PT isométrico dos posteriores de coxa. Os autores reportaram que o PT isométrico foi significativamente menor após a rotina com duração de 60 segundos quando comparada com o protocolo de 30 segundos e a condição controle (sem alongamento). Em adição, os valores do PT isométrico após 30 segundos de alongamento não foram diferentes dos observados na condição controle.

Recentemente, Siatras et al. (2008) investigaram o efeito agudo de diferentes durações de alongamento no PT isométrico do quadríceps. Nesse estudo, foi observado que o protocolo de 60 segundos de alongamento causou diminuições mais acentuadas no PT isométrico quando comparado ao de 30 segundos (16% vs. 8,5%). Menores volumes de alongamento (10 e 20 segundos) não foram suficientes para causar alterações na força muscular.

Ryan et al. (2008) analisaram o desempenho de força dos flexores plantares imediatamente após rotinas de alongamento estático com diferentes durações (2, 4 e 8 minutos). Os autores encontraram que o PT isométrico diminuiu significativamente após todos os protocolos de alongamento (2, 4 e 8 minutos). Para a TDF foram observadas reduções significativas imediatamente após as rotinas de alongamento realizadas com 4 e 8 minutos de duração.

Winchester et al. (2009) procuraram investigar o efeito de seis diferentes volumes de alongamento estático (1, 2, 3, 4, 5 e 6 séries de 30 segundos) no desempenho de 1 repetição máxima (RM) dos posteriores de coxa. Os achados mostram que 1 série de 30 segundos de alongamento estático é suficiente para reduzir a força muscular máxima.

O tempo total que um músculo é submetido ao alongamento é uma importante variável a ser considerada, uma vez que estímulos com maiores volumes podem aumentar a magnitude de decréscimo da força muscular (SIATRAS et al., 2008). Nesse sentido, os estudos citados acima sugerem que

pode haver um limiar de alongamento entre 20 e 60 segundos para que possa ocorrer o déficit de força muscular.

De acordo com as recomendações do Colégio Americano de Medicina do Esporte (2007), o protocolo ideal para desenvolvimento da flexibilidade em idosos deve englobar exercícios de alongamento estático, com duração total entre 15 e 60 segundos para os maiores grupos musculares. Além disso, segundo observações de Young (2007), as rotinas de alongamento empregadas nos momentos anteriores à prática de exercícios físicos variam entre 30 e 120 segundos. Dessa forma, levando em consideração os estudos apresentados, adotaremos um protocolo de alongamento com duração total de 90 segundos (três séries de 30 segundos).

3.2. Efeito do alongamento estático em diferentes grupos musculares

A maioria dos estudos que analisou o déficit de força muscular mediado pelo alongamento focou suas análises na força de membros inferiores, sendo que, para membros superiores, apenas um estudo foi encontrado. Evetovich et al. (2003) demonstraram que após 12 séries de alongamento estático, houve redução significativa nos valores de torque dos flexores de cotovelo, avaliados em duas velocidades ($30^{\circ}.s^{-1}$ / $270^{\circ}.s^{-1}$).

Kay e Blazevich (2012), em revisão sistemática, verificaram que a magnitude da diminuição da força muscular causada pelo alongamento parece ser maior nos flexores de joelho, quando comparados aos extensores de joelho e flexores plantares. De qualquer forma, não foram encontrados estudos que compararam o efeito agudo do alongamento no desempenho neuromuscular de diferentes grupos musculares.

3.3. Efeito de diferentes métodos de alongamento sobre o comportamento agudo da força muscular

Diferentes métodos de alongamento têm sido utilizados na prática durante sessões de aquecimento e durante programas de atividade física que visam o desenvolvimento da flexibilidade. Dentre eles, o método estático e o dinâmico são os mais conhecidos e investigados na literatura.

Especificamente para a potência muscular, estudos têm demonstrado que o método dinâmico pode não afetar o desempenho de força, podendo, inclusive, melhorar a capacidade muscular em desenvolver força rapidamente. Por outro lado, um número grande de evidências tem mostrado que rotinas de alongamento estático pode causar efeitos negativos na capacidade de força explosiva (CURRY et al., 2009; DALRYMPLE et al., 2010; HOLT e LAMBOURNE, 2008; THOMPSEN et al., 2007; VETTER et al., 2007; WALLMANN et al., 2005).

Duas hipóteses têm sido sugeridas para explicar a melhora transitória no desempenho muscular após a realização do alongamento dinâmico: elevação da temperatura muscular e a ocorrência do potenciação pós-ativação (PPA). Segundo Yamaguchi et al. (2007), durante o alongamento dinâmico ocorrem constantes contrações da musculatura agonista. Como consequência a essas contrações observa-se o PPA. O principal mecanismo do PPA parece ser a fosforilação da cadeia leve da miosina regulatória, que torna a interação actina-miosina mais sensível ao Ca^{2+} liberado do retículo sarcoplasmático. O aumento da sensibilidade ao Ca^{2+} tem seu maior efeito nos níveis mioplasmáticos de Ca^{2+} , melhorando, assim, a capacidade muscular de produzir força (SALE, 2002).

Apenas um estudo foi encontrado que procurou investigar o efeito de dois diferentes métodos de alongamento na força muscular isométrica. Herda et al. (2008) compararam o efeito agudo do alongamento estático e dinâmico no PT isométrico do bíceps femoral durante a CVM dos flexores de joelho. Dentre os dois métodos investigados, somente o estático reduziu significativamente o PT isométrico em até 15%. O método dinâmico de alongamento não alterou a força muscular.

Apesar dos dados mostrarem que o método dinâmico poderia ser mais recomendado durante o aquecimento muscular, por não gerar efeito negativo no desempenho de força muscular, Robbins e Scherurmann (2008) afirmam que o método estático é o mais utilizado como meio de aquecimento nos momentos que precedem a prática de atividade física, além de apresentar fácil execução. Em adição, o método dinâmico deve ser empregado apenas em participantes com boa experiência de movimentos e que conheçam e controlem precisamente sua velocidade e força (GOBBI et al., 2005). Nesse sentido, o método estático

tem sido altamente recomendado quando se objetiva trabalhar flexibilidade na população idosa (GOBBI et al., 2005). Assim, fundamenta-se a escolha de empregar o método estático, no presente estudo, para analisar o déficit de força mediado pelo alongamento.

3.4. Ângulo-dependência

O déficit de força mediado pelo alongamento parece ser mais aparente em amplitudes de movimento nas quais o comprimento da fibra muscular ou do sarcômero corresponda ao *plateau* máximo da curva força-comprimento (NELSON et al., 2001). Com base nessa observação, alguns autores buscaram analisar o comportamento do déficit de força mediado pelo alongamento em diversos ângulos de avaliação.

Herda et al. (2008) analisaram o efeito agudo do alongamento estático no PT isométrico durante flexão do joelho em quatro ângulos articulares diferentes (41, 61, 81 e 101 graus abaixo da extensão total do joelho). Os autores observaram que o alongamento estático diminuiu significativamente o PT isométrico dos posteriores de coxa, durante flexão de joelho, nos ângulos de 101 e 81 graus. Em ângulos menores de avaliação (41 e 61 graus), o alongamento não alterou o desempenho de força muscular.

Em adição, McHug et al. (2006) avaliaram a relação ângulo-torque durante flexão isométrica de joelho em seis valores diferentes de ângulo (80, 65, 50, 35, 20 e 5 graus). Assim como Herda et al. (2008), os autores encontraram que o déficit de força mediado pelo alongamento é mais proeminente em comprimentos mais curtos da musculatura avaliada (80 e 65 graus), ou seja, durante avaliação da força muscular em ângulos maiores.

A relação ângulo-torque durante contrações isométricas máximas é uma medida adicional para se avaliar um dos fatores mecânicos que podem ser responsáveis pelo déficit de força induzido pelo alongamento. Durante ações isométricas, as fibras musculares diminuem e o tendão aumenta de comprimento. O alongamento provoca uma maior complacência da unidade músculo tendão, o que permite um melhor encurtamento das fibras musculares no início da contração. Isso afetaria a relação força-comprimento e, após o alongamento, o torque pode diminuir quando o músculo é avaliado em situação

de maior encurtamento e aumentar quando avaliado com maior comprimento. Em comprimentos musculares maiores, o aumento da complacência da unidade músculo-tendão reflete numa melhor formação de pontes cruzadas (actina-miosina), o que permite um aumento do torque. Portanto, o déficit de força mediado pelo alongamento pode ser mais aparente apenas quando o grupo muscular se encontra em comprimentos inferiores àqueles que são ideais para a produção ótima de força muscular (HERDA et al., 2008).

Gurjão et al. (2009) demonstraram que um protocolo de alongamento estático levou a redução na capacidade de gerar força muscular rapidamente e máxima de mulheres idosas. O exercício empregado para a avaliação de força foi o *Leg Press*, com os joelhos flexionados a 90 graus.

3.5. Mecanismos

Embora um grande número de estudos demonstre o déficit de força muscular mediado pelo alongamento, ainda não há consenso na literatura sobre os possíveis mecanismos envolvidos na redução do desempenho muscular. Dois mecanismos têm sido propostos na tentativa de explicar o déficit de força mediado pelo alongamento: neural e estrutural.

3.5.1. Mecanismo neural

Os exercícios de alongamento podem levar a redução na atividade neural na musculatura e, como consequência, diminuição significativa da capacidade de produzir força muscular. Diversas respostas neuromusculares ao alongamento poderiam contribuir na redução da atividade neural, tais como inibição autogênica provida pelo Órgão Tendinoso de Golgi, mecanorreceptores (aférentes tipo III) e nocirreceptores (aférentes tipo IV). Tais mecanismos aférentes levariam à redução significativa na excitabilidade do motoneurônio alfa. O reflexo inibitório causado pelo Órgão Tendinoso de Golgi é um tipo de inibição autogênica que ocorre quando esta estrutura, localizada na junção musculotendínea, detecta força em decorrência do alongamento do músculo. O

reflexo inibitório causado pelo Órgão Tendinoso de Golgi inibe a ativação da musculatura agonista, diminuindo assim, a produção de força (FOWLES et al., 2000) (Figura 1).

No entanto, conforme pontuado por Fowles et al. (2000), uma possível inibição autogênica na ativação muscular mediada pelos Órgão Tendinoso de Golgi necessitaria de uma rotina de alongamento extremamente intensa e prolongada para ser ativada. Ainda segundo os autores, os receptores de dor também podem reduzir a ativação neural da musculatura. Porém, percepções de desconforto ou dor não são presentes durante a avaliação da força muscular no período pós-alongamento. Esse fato sugere que reduções na ativação muscular mediadas por esta via podem não ocorrer quando empregadas rotinas de alongamento similares às empregadas em situações práticas. De fato, nos estudos conduzidos em nosso laboratório em sujeitos idosos, nenhuma alteração na atividade EMG foi verificada após diferenças rotinas de alongamento (GURJÃO et al., 2009; GONÇALVES et al., 2013)

A atividade EMG pode fornecer informações importantes sobre possíveis estratégias de ativação neural do músculo esquelético. Medidas da atividade EMG refletem a somatória algébrica dos potenciais de ação elétricos musculares captados por eletrodos de superfície. Portanto, a amplitude EMG quantifica a ativação muscular, que pode ser modificada pelo número de unidades motoras recrutadas e pelas taxas de disparo dessas unidades (BECK et al., 2007; ORIZIO et al., 2003). Nesse sentido, medidas da atividade EMG podem detectar alterações neurais induzidas pelo alongamento do músculo.

Em indivíduos jovens, Fowles et al. (2000) e Avela et al. (2004) encontraram diminuição significativa na atividade EMG muscular imediatamente após a realização do alongamento. Contudo, seus protocolos de alongamento possuíam durações demasiadamente prolongadas.

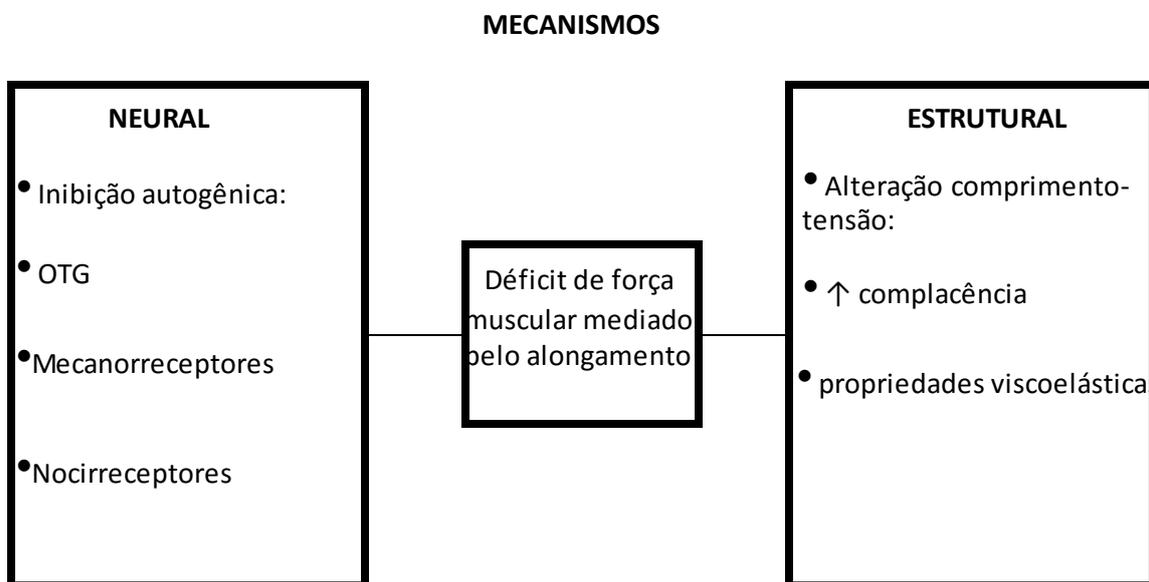
Levando em consideração as potenciais aplicações do registro sincronizado da atividade EMG e da CVM para compreender parte dos mecanismos responsáveis pelo decréscimo de força, a atividade EMG de diferentes grupos musculares será registrada.

3.5.2. Mecanismo estrutural

Outra hipótese sugerida para explicar o déficit de força muscular mediado pelo alongamento são as alterações na UMT, tais como aumento da complacência, diminuição da resistência passiva e alteração das propriedades viscoelásticas da musculatura que, em parte, podem alterar a relação comprimento-tensão (KUBO et al., 2001; TAYLOR et al., 1990).

O aumento na complacência da UMT pode causar alterações na relação força-comprimento muscular afetando negativamente tanto a força dinâmica quanto isométrica (RAMOS et al., 2007). Além disso, o incremento da complacência muscular pode limitar o acoplamento entre pontes cruzadas (actina e miosina), afetando diretamente a capacidade muscular de gerar força (RUBINI et al., 2007) (Figura 1).

Figura 1. Mecanismo neural e estrutural envolvidos no déficit de força mediado pelo alongamento.



OTG= Órgão Tendinoso de Golgi

3.6. Efeito do alongamento na amplitude de movimento e nas propriedades viscoelásticas da unidade musculotendínea – Efeito agudo

Quando um músculo ou grupo muscular é alongado, utilizando técnicas como alongamento estático, dinâmico ou facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP), alterações a curto prazo podem ocorrer. O efeito agudo do alongamento está associado a variáveis biomecânicas, sendo que algumas variáveis, como a amplitude de movimento (AM) máxima podem aumentar imediatamente após o alongamento (MOELLER et al., 1985; ZITO et al., 1997) e outras, como o *stiffness*, definido como a inclinação da curva comprimento-tensão, aparentemente permanecem inalteradas (KNUDSON, 2006).

O efeito agudo do alongamento na AM máxima pode estar relacionado a alterações na capacidade da UMT de tolerar maiores níveis de tensões durante o alongamento. Tal fenômeno pode ser observado na fase dinâmica da curva comprimento-tensão, no ponto onde ocorre o maior valor de torque passivo e próximo do comprimento máximo de alongamento (Figura 2). Outro mecanismo que pode explicar alterações na AM máxima está associado com as propriedades mecânicas da UMT, como a diminuição na tensão passiva, por exemplo. (MAGNUSSON et al., 1996; MORSE et al., 2008). A diminuição na tensão passiva pode ocorrer devido ao “relaxamento de estresse”, definido como a diminuição na tensão da UMT quando alongada e mantida na posição durante algum tempo (Figura 2). Estudos tem demonstrado que o “relaxamento de estresse” pode ocorrer nos primeiros 20 segundos durante a realização do alongamento estático (McHUGH et al., 1992; MAGNUSSON, 1998, McNAIR et al., 2000; DUONG et al., 2001; KNUDSON, 2006) e está associado a uma maior complacência UMT, causada pelo alongamento.

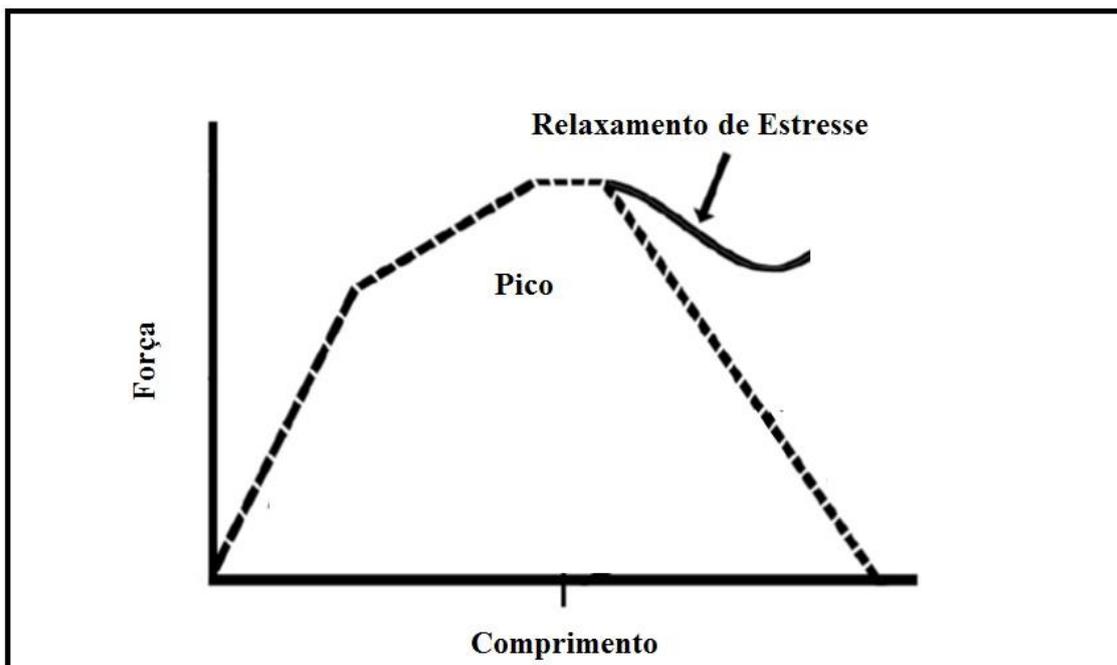


Figura 2. Curva comprimento-tensão durante fase dinâmica (- - -) e estática (—). Adaptada de Knudson (2006).

3.7. Efeito crônico do alongamento

3.7.1. Torque passivo

O torque passivo pode ser medido como o torque gerado pela UMT durante alongamento passivo em dinamômetro isocinético.

A maior parte dos estudos encontrados demonstrou que um programa de alongamento estático, independente do volume, com duração entre 3 a 6 semanas pode causar diminuição no torque passivo da UMT ao longo do alongamento (KUBO et al., 2002; MAHIEU et al., 2007; NAKAMURA et al., 2012). Mahieu et al. (2007) sugerem que a diminuição do torque passivo após realização do alongamento estático pode ser atribuída a alterações estruturais da UMT. Segundo os autores, o aumento do número de sarcômeros em série, com conseqüente aumento do comprimento muscular (melhor complacência) e menor resistência ao alongamento estariam atrelados a diminuição do torque passivo. De fato, Coutinho et al. (2004) observaram que, em ratos, três semanas de alongamento estático foram suficientes para causar aumento do número de em série do músculo sarcômeros sóleo. Em adição, Goldspink et al. (1974)

demonstraram que uma diminuição no número de sarcômeros em série, após imobilização de músculos de ratos, estava associada com aumento do torque passivo muscular. Outra explicação para a diminuição do torque passivo após a prática do alongamento seria alterações que ocorrem na titina, filamentos de polipeptídeos que tem importante função na elasticidade muscular (RUBINI e GOMES, 2004)

Por outro lado, Kubo et al. (2002) e Nakamura et al. (2012) associaram a diminuição no torque passivo, observada após rotinas de alongamento, com adaptações do tecido conjuntivo e remodelamento das fibras colágenas no músculo. Segundo os autores, o torque passivo é influenciado pela deformação do tecido conjuntivo do endomísio, perimísio e epimísio do ventre muscular e o remodelamento das fibras colágenas em paralelo permitiria maior complacência muscular e diminuição do torque passivo em seu alongamento máximo.

Gajdosik et al. (2005, 2007) observaram que após realização de seis e oito semanas, respectivamente, de alongamento estático houve aumento do pico de torque passivo, em sujeitos jovens e idosos. Os autores afirmam que, aumentos do torque passivo e AM podem ter sido influenciados por um nível baixo, porém suficiente para causar tais alterações, de ativação excêntrica muscular durante realização do alongamento. De qualquer forma, outros estudos são necessários para analisar os mecanismos subjacentes às propriedades elásticas passivas musculares.

Apenas dois estudos objetivaram investigar o efeito crônico do alongamento, no torque passivo, utilizando diferentes métodos de alongamento.

Mahieu et al. (2007, 2009) não observaram nenhum efeito do alongamento balístico e da FNP no torque passivo. Os autores concluem que diferentes técnicas de alongamento têm diferentes efeitos nas propriedades da UMT, dados pela diferença na tensão aplicada durante a realização do alongamento, que pode ser contínua ou intermitente. Sendo assim as técnicas de alongamento associadas ao alongamento balístico e FNP não são suficientes para gerar aumento no número de sarcômeros em série e, conseqüentemente, aumento do comprimento muscular e diminuição do torque passivo.

3.7.2. *Stiffness*

O *stiffness* é definido como resistência que um material oferece à deformação, em resposta a uma força aplicada, ou seja, está associado com as propriedades elásticas do material. Quanto mais elástico, menor a rigidez e menor a resistência à deformação o material apresenta. O *stiffness* (K) da UMT pode ser medido pela equação:

$$K = F / D \text{ (módulo de Young)}$$

A deformação da UMT (D) pode ser observada de forma não invasiva, pela utilização da ultrassonografia. Através desse tipo de análise, pode-se obter o delta de deslocamento, a partir de certo ponto, durante contração isométrica (F). Por outro lado, alguns autores tem utilizado o dinamômetro isocinético para avaliar o *stiffness* durante alongamento passivo, calculado pela inclinação da curva comprimento-tensão.

Grande parte dos estudos não demonstrou alteração no *stiffness* do tendão após protocolo de alongamento estático, realizado entre três e seis semanas (GAJDOSIK et al., 2007; GAJDOSIK et al., 2005; MAHIEU et al., 2007; MAHIEU et al., 2009; KUBO et al., 2002). Kubo et al. (2001a) demonstraram que o alongamento estático dos flexores plantares, realizado durante 10 minutos, acarreta em um aumento na complacência do tendão, porém, os mesmos autores observaram que valores de flexibilidade não estão relacionados diretamente com as estruturas do tendão (KUBO et al., 2001b). Considerando as observações acima, é plausível supor que exercícios de alongamento, de forma crônica, aumentam os valores de AM mas não alteram a elasticidade das estruturas do tendão.

É importante observar que Mahieu et al. (2007) observaram redução significativa no *stiffness* do tendão após seis semanas de alongamento balístico. Aparentemente, para que adaptações nas fibras colágenas ocorram dentro do tendão sejam necessários estímulos repetitivos, tais como ocorrem no alongamento balístico e não um estímulo sustentado associado ao alongamento estático e FNP (MAHIEU et al., 2009).

3.7.3. Histerese

A histerese é definida como tendência de um material de conservar suas propriedades na ausência de um estímulo que as gerou, ou seja, é uma propriedade viscosa do material. As medidas de histerese permitem observar a quantidade de energia metabólica que pode ser salva durante um movimento.

A ultrassonografia oferece a possibilidade de medir a histerese em humanos. Essa técnica permite investigar a deformação da UMT, in vivo, após uma sobrecarga.

Dos estudos encontrados, apenas Kubo et al. (2002) procuraram investigar o efeito do treinamento de flexibilidade na histerese da UMT. Nesse estudo, após cinco segundos de contração voluntária máxima, os sujeitos foram instruídos a relaxar por mais cinco segundos, durante avaliação realizada com o aparelho de ultrassonografia e dinamômetro isocinético. Uma curva força-comprimento foi gerada, com fases ascendentes e descendentes, formando um *loop*. A relação entre a área dentro do *loop* (energia estática dissipada) e a área sob a curva durante a fase ascendente (entrada de energia elástica) foi calculada como histerese. Após 20 sessões de alongamento estático, os autores observaram redução significativa da histerese. O mecanismo responsável pela diminuição da histerese após o treinamento de flexibilidade permanece desconhecido. Os autores especulam que alterações na estrutura do tendão podem ter causado a diminuição na histerese, porém, futuros estudos são necessários para esclarecer tal fenômeno.

4. MANUSCRITO 1. O alongamento estático afeta de forma diferenciada membros superiores e inferiores de mulheres idosas.

4.1. Introdução

Recentes revisões tem demonstrado que protocolos de alongamento prolongados podem, temporariamente, comprometer a habilidade muscular de produzir força, fenômeno denominado como “déficit de força mediado pelo alongamento” (KAY e BLAZEVICH, 2012; McHUG e COSGRAVE, 2010; RUBINI et al., 2007). Com base nos recentes achados, o Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM, 2010) sugeriram que durante o aquecimento que precede a prática de atividades físicas onde o desempenho de força, potência muscular e *endurance* seja importante, exercícios de alongamento devem ser evitados.

Embora alguns autores tenham demonstrado que a realização do alongamento pode afetar de forma negativa o desempenho de força muscular, a maioria dos estudos encontrados analisou o efeito do alongamento no desempenho de força muscular em membros inferiores (KAY e BLAZEVICH, 2012; RYAN et al., 2008; OGURA et al., 2007; RUBINI et al., 2007; NELSON et al., 2001; FOWLES et al., 2000) o que não permite a extrapolação desses resultados para membros superiores. Em adição, a indução do déficit de força muscular mediado por alongamento não tem sido investigada sistematicamente em idosos, o que limita a compreensão do fenômeno para esta população.

Os resultados relacionados ao déficit de força muscular mediado pelo alongamento em idosos são contraditórios. Gurjão et al. (2009) demonstraram

que três séries de 30 segundos de alongamento estático podem diminuir significativamente o pico de torque (PT) isométrico e taxa de desenvolvimento de força (TDF) de mulheres idosas. Por outro lado, Gonçalves et al. (2013) e Ryan et al. (2014) demonstraram que exercícios de alongamento estático não influenciam o desempenho de força muscular em idosos. Parte dessas contradições podem estar relacionadas ao volume do alongamento empregado e diferenças nos delineamentos experimentais.

Kay e Blazevich (2012), em recente revisão sistemática, afirmaram que reduções na força muscular após realização do alongamento são mais observadas nos flexores de joelho, quando comparados aos extensores de joelho e flexores plantares. Winchester et al. (2009), por exemplo, analisaram o efeito de 0,1,2,3,4,5 e 6 séries de 30 segundos de alongamento estático no teste de repetição máxima (1-RM) durante flexão de joelho em indivíduos jovens. Os autores observaram que apenas uma série de 30 segundos de alongamento foi suficiente para reduzir 1-RM de forma significativa, sendo que maiores volumes de alongamento (2,3,4,5 e 6 séries) também causaram diminuição nos valores de 1-RM durante flexão de joelho. Em adição, Ogura et al. (2007) observaram que 60 segundos de alongamento estático levaram a diminuição do PT isométrico durante flexão de joelho. Com relação a membros superiores, apenas um estudo foi encontrado. Evetovich et al. (2003) demonstraram que após 12 séries de alongamento estático, houve redução significativa nos valores de torque isocinético, avaliado em duas velocidades ($30^{\circ} \cdot s^{-1}$ / $270^{\circ} \cdot s^{-1}$). De qualquer forma, nenhum estudo que procurou comparar o efeito agudo do alongamento entre diferentes grupos musculares foi encontrado.

É importante citar que durante o processo de envelhecimento ocorrem alterações neuromusculares que, por si, podem afetar negativamente a capacidade do músculo de produzir força. De qualquer forma, diversos autores tem demonstrado que tais alterações não são uniformes sendo que maiores reduções na qualidade muscular e no desempenho de força são observadas nos membros inferiores quando comparados a membros superiores, em mulheres idosas (FERREIRA et al., 2009; NIKOLIC et al., 2001).

Os mecanismos responsáveis pelo déficit de força mediado pelo alongamento também têm sido alvo de investigações. Duas hipóteses iniciais

têm sido aceitas na tentativa de explicar esse fenômeno: a) mudanças nas propriedades mecânicas da unidade músculo-tendão e b) alterações neurais.

Na tentativa de melhor compreender o efeito agudo das diferentes rotinas de alongamento no desempenho de força muscular, alguns pesquisadores tem empregado a avaliação do PT isométrico como indicador da funcionalidade do sistema neuromuscular (BAZZET-JONES et al., 2005; McBRIDE et al., 2007; RYAN et al., 2008). O PT isométrico reflete a capacidade máxima do sistema neuromuscular em gerar tensão, sendo sua expressão aguda dependente de fatores neurais e da relação força-comprimento (AAGAARD et al., 2002). Por outro lado, a atividade eletromiográfica (EMG) de superfície reflete a soma algébrica dos potenciais de ação elétricos musculares que passam dentro da área de captação dos eletrodos. A amplitude eletromiográfica quantifica a ativação muscular, que pode ser alterada pelo número de unidades motoras recrutadas e pela taxa de disparo dessas unidades (MAREK et al., 2005).

Clinicamente, registros simultâneos do PT isométrico e da atividade EMG podem trazer importantes informações a respeito das propriedades mecânicas da unidade músculo-tendão, das estratégias de ativação neural do sistema neuromuscular e da forma como as rotinas de alongamento podem influenciar os diferentes mecanismos de produção de força muscular.

O objetivo do presente estudo foi analisar e comparar o efeito agudo do alongamento estático no PT isométrico e atividade EMG entre membros superiores e inferiores de mulheres idosas. A hipótese do estudo é que o protocolo de alongamento irá alterar o PT isométrico de forma diferenciada em membros superiores e inferiores. Além disso, o protocolo de alongamento não causará alterações na atividade muscular.

4.2.Método

4.2.1.Sujeitos

Participaram do estudo 15 mulheres (67.0 ± 4.0 anos; 70.0 ± 12.0 Kg; $1,56 \pm 0.0$ m; 28.6 ± 5.0 Kg/m²), envolvidas em programas de atividade física generalizada com frequência de três vezes semanais há pelo menos três meses

e os seguintes critérios de exclusão foram adotados: participantes que relataram, em anamnese anterior à realização dos testes, qualquer um dos agravos cardiovasculares ou infecciosos relacionados na lista de contra-indicações absolutas (doença infecciosa aguda; aneurisma da aorta; estenose aórtica; insuficiência cardíaca congestiva; angina instável; infarto agudo do miocárdio; miocardite aguda; embolia pulmonar ou sistêmica aguda; tromboflebite; taquicardia ventricular) descritas no Physical Activity Readiness Medical Examination (PARmed-X, 2002); contra-indicações relativas de ordem mental, neurológica, muscular, ósteo-articular que limitem ou impossibilitem a realização do protocolo de avaliação. O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) (parecer 72053) (Anexo 1). Todos os sujeitos que concordaram em participar da pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, também aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa local (Anexo 2).

4.2.2. Delineamento Experimental

Um delineamento entre-sujeitos para medidas repetidas [condição (C vs. A) x exercício (membro superior vs. membro inferior)] foi utilizado para analisar o efeito agudo do alongamento estático no PT isométrico, avaliado durante flexão de cotovelo para membros superiores e flexão de joelho para membros inferiores, e atividade EMG do bíceps braquial (BB) bíceps femoral (BF). Cada participante visitou o laboratório durante cinco ocasiões com 1-7 dias de intervalo entre as visitas. As participantes foram instruídas a não realizar qualquer atividade física intensa durante o período de avaliações. A primeira visita teve por objetivo: a) familiarização aos procedimentos adotados para a avaliação do PT isométrico no dinamômetro isocinético; b) familiarização aos procedimentos adotados para o exercício de alongamento estático; c) realização de medidas antropométricas (massa corporal; estatura; comprimento do membro inferior); d) determinação dos locais para a fixação dos eletrodos utilizados para o registro da atividade EMG.

Nas quatro visitas subsequentes, o PT isométrico e EMG foram registrados imediatamente após duas condições experimentais: controle (C) ou

alongamento (A). Para a condição C, as participantes permaneceram sentadas em repouso, por um período de tempo similar a duração total da rotina de alongamento (~2,5 min.). A ordem de emprego para cada condição (C ou A) em cada um dos exercícios (flexão de cotovelo ou flexão de joelho) foi determinada pelo método de aleatorização do tipo *cross-over* balanceado. Todos os procedimentos foram realizados na mesma hora do dia para minimizar possíveis variações circadianas no comportamento da força muscular.

4.2.3. Pico de torque isométrico

Para determinar o PT isométrico cada participante realizou três CVMs com duração de cinco segundos cada uma e intervalo de um minuto entre cada contração. Para tanto, um dinamômetro isocinético (Biodex Multi-Joint System PRO, Biodex Medical System Inc., NY, USA) foi utilizado. Inicialmente, o aparelho foi calibrado seguindo as especificações do fabricante. Para avaliação do PT isométrico durante flexão do cotovelo, as participantes permaneceram sentadas na posição vertical, com o cotovelo em repouso sobre um suporte. O braço de alavanca do aparelho foi ajustado de acordo com o tamanho do antebraço e o seu eixo de rotação foi alinhado com o centro da articulação do cotovelo. A amplitude de movimento foi pré-estabelecida e o PT isométrico foi avaliado com a articulação posicionada em 30 graus de flexão. A avaliação do PT isométrico durante flexão de joelho foi realizada com as participantes sentadas na posição vertical. O epicôndilo lateral femoral foi alinhado com o eixo do dinamômetro e um suporte para o tornozelo foi posicionado acima do maléolo lateral. Após determinação da amplitude de movimento, o PT isométrico foi avaliado com a articulação do joelho em 60 graus de flexão. Para evitar possíveis movimentos e compensações musculares, o tronco e membros inferiores das participantes foram fixados na cadeira do dinamômetro isocinético com cintas próprias do aparelho, em ambas avaliações. A posição de cada participante foi registrada para assegurar sua reprodução nas condições C e A.

No momento pré-avaliação, as participantes foram instruídas a realizarem a CVM “tão rápido quanto possível” por cinco segundos. Tão logo iniciado o esforço, as participantes foram encorajadas verbalmente a realizarem

seus esforços máximos. Além do estímulo verbal, cada participante acompanhou visualmente seu desempenho em um monitor.

4.2.4. Aquisição da EMG

A aquisição da atividade EMG foi realizada por um dispositivo sem fio (Trigno Wireless, Delsys, USA) de 16 canais, com filtro passa banda com frequência de corte entre 20 e 450 Hz e ganho de amplificação total de $950 \pm 5\%$. A placa de conversão A/D tem resolução de 16 bits e a frequência de amostragem foi de 2000 Hz. A atividade EMG dos músculos BB e BF foi registrada com eletrodos de superfície com área de captação 37mm, durante a CVM. Com o objetivo de diminuir a impedância da pele, foram realizadas abrasão e limpeza com álcool nos locais de fixação dos eletrodos. O posicionamento de cada eletrodo seguiu as recomendações de Hermens et al. (2000), sendo os locais cuidadosamente marcados sobre a pele na tentativa de assegurar que os eletrodos foram posicionados sempre nos mesmos locais, para os diferentes dias de avaliações. O sinal da atividade EMG foi digitalmente filtrado *offline*, com um filtro passa alta *buttherworth zero-lag* de quarta ordem e frequência de corte de 5Hz. A média do sinal, correspondente ao ponto onde ocorreu o PT isométrico foi obtida por um filtro RMS móvel.

4.2.5. Protocolo de Alongamento

A rotina de alongamento empregada no presente estudo foi elaborada levando em consideração atuais recomendações internacionais para adultos idosos (ACSM, 2007). O protocolo de alongamento consistiu em três séries de 30 segundos de alongamento estático. Cada série foi separada por 30 segundos de intervalo.

Para alongamento dos flexores de cotovelo, as participantes permaneceram em pé apoiando o braço dominante na parede, palma da mão voltada para a lateral e foram instruídas a estender o cotovelo ao máximo, realizando extensão do ombro e pequena rotação do tronco. Para alongamento dos flexores de joelho, as participantes, em pé com os joelhos estendidos, foram

instruídas a inclinar o tronco em direção aos joelhos. Em ambos os exercícios, as participantes foram instruídas a relaxar a musculatura.

O limite do alongamento foi determinado como a amplitude de movimento articular atingida no momento em que a participante relatou o início da sensação de desconforto. É importante ressaltar que antes das sessões experimentais, todas as participantes foram familiarizadas aos procedimentos adotados para a realização da rotina de alongamento estático. Durante a sessão de familiarização, as participantes foram instruídas a identificar e relatar ao pesquisador o início da sensação de desconforto, não dor, durante o alongamento do membro dominante.

4.2.6. Análise Estatística

Inicialmente os dados foram tratados a partir de procedimentos descritivos (média \pm desvio padrão). Para analisar as medidas de PT isométrico e atividade EMG, isoladamente, nas diferentes condições, foi utilizado teste t-Student pareado. Posteriormente, para comparação do PT isométrico e atividade EMG entre os membros inferiores e superiores, foi empregada análise de variância de duas entradas (ANOVA two-way) para medidas repetidas, apresentando como fatores a condição (controle vs. alongamento) e o exercício (flexão de cotovelo vs. flexão de joelho). O coeficiente de correlação intraclass (R) foi utilizado para testar a reprodutibilidade das medidas do PT isométrico entre as duas condições experimentais (C e A) nos dois tipos de exercício. O tamanho do efeito (ES) foi calculado, dividindo-se a diferença entre a média dos valores associados a cada comparação pelo conjunto de desvio-padrão. O nível de significância adotado para todas as análises foi de $p < 0.05$. As informações foram processadas no pacote computacional SPSS versão 20.0 (IBM SPSS Data Collection, Chicago, IL, USA).

4.3. Resultados

A tabela 1 contém os valores de PT isométrico durante a flexão de cotovelo e flexão de joelho nas condições C e A. O índice de correlação intraclass (R) obtido para o PT isométrico durante flexão de cotovelo e flexão

de joelho foi de 0.86 (95% de intervalo de confiança [IC]; 0.54 – 0.96) e 0.94 (95% de IC; 0.80 – 0.98), respectivamente.

Para o PT isométrico foi observada interação condição vs. exercício significativa ($p=0.01$; $ES=0.29$), sendo que o alongamento causou redução de 8% no PT isométrico dos membros inferiores ($p=0.01$; $ES=0.66$) e nenhuma redução no PT dos membros superiores ($p=0.28$; $ES=0.32$).

A tabela 2 contém os valores de EMG correspondente ao PT isométrico dos músculos BB e BF, durante flexão de cotovelo e flexão de joelho, respectivamente, nas condições C e A. Não houve interação condição vs. exercício significativa ($p=0.14$, $ES=0.32$) para atividade EMG dos músculos BB e BF, sendo que o protocolo de alongamento utilizado não afetou a atividade neural desses músculos durante o PT isométrico.

Tabela 1. Valores de pico de torque (PT) isométrico durante flexão de cotovelo e flexão de joelho na condição controle (C) e alongamento (A) (valores em média \pm desvio padrão) (n=15)

	PTC	PTA	Efeitos	F	p
Flexão de Cotovelo	29.0 \pm 8.0	30.5 \pm 8.5			
			Condição vs. Exercício	9.107	0.01
Flexão de Joelho	74.6 \pm 16.1	69.0 \pm 13.0*			

PTC = pico de torque na condição controle; PTA = pico de torque na condição alongamento.
*diferença estatisticamente significativa da condição C.

Tabela 2. Valores de atividade eletromiográfica (EMG) correspondente ao pico de torque (PT) isométrico dos músculos bíceps braquial (BB) e bíceps femoral (BF), durante flexão de cotovelo e flexão de joelho, respectivamente, nas condições controle (C) e alongamento (A) (valores em média \pm desvio padrão) (n=15)

	EMGC	EMGA	Efeitos	F	p
BB	900.0 \pm 294.0	1075 \pm 411.0			
			Condição vs. Exercício	1.316	0.14
BF	617.0 \pm 397.0	600.0 \pm 190.0			

EMGC = atividade eletromiográfica na condição controle; EMGA = atividade eletromiográfica na condição alongamento.

4.4. Discussão

O presente estudo teve como objetivo analisar o efeito agudo do alongamento estático no PT isométrico e atividade muscular de mulheres idosas em membros superiores e inferiores e realizar a comparação direta do efeito agudo do alongamento nessas variáveis entre os membros. A hipótese do estudo é que o protocolo de alongamento poderia alterar o torque isométrico de forma diferenciada em membros superiores e inferiores, sem alterações na atividade muscular.

Os principais achados do presente estudo foram que (1) o protocolo de três séries de 30 segundos de alongamento estático diminuiu significativamente o PT isométrico de mulheres idosas em membros inferiores, durante flexão de joelho. Por outro lado, o alongamento estático não causou alterações no PT isométrico em membros superiores de mulheres idosas; (2) o protocolo de alongamento empregado não causou alterações no desempenho neural dos músculos BB e BF, durante flexão de cotovelo e flexão de joelho, respectivamente.

Gurjão et al. (2009) verificaram reduções significativas nos valores de PT isométrico e TDF pico de mulheres idosas, nos extensores de joelho, ao empregar uma rotina de alongamento estático para os principais grupos musculares de membros inferiores. Entretanto, Gurjão et al. (2010) e Gonçalves et al. (2013) não observaram alterações significativas para estas mesmas variáveis quando apenas a musculatura do quadríceps femoral foi alongada. Em adição, Ryan et al. (2014) não observaram alterações no PT isométrico dos flexores plantares após realização de 20 minutos de alongamento estático em homens idosos.

Apesar do déficit de força muscular mediado pelo alongamento ser um importante fenômeno a ser considerado durante a prescrição de exercícios físicos, é importante salientar a existência de uma variedade de fatores que podem determinar seu comportamento. Dentre esses fatores, o grupo muscular avaliado, o ângulo de avaliação e o volume total de alongamento são importantes variáveis a serem consideradas.

O efeito do alongamento diferenciado entre membros superiores e membros inferiores observado em nosso estudo pode ser explicado pelos ângulos de avaliação utilizados. O déficit de força muscular mediado pelo alongamento parece ser mais aparente em amplitudes de movimento nas quais o comprimento da fibra muscular ou do sarcômero corresponda ao *plateau* máximo da curva força-comprimento (NELSON et al., 2001).

Herda et al. (2008) analisaram o efeito agudo do alongamento estático no PT isométrico durante flexão do joelho em quatro ângulos articulares diferentes (41, 61, 81 e 101 graus abaixo da extensão total do joelho). Os autores observaram que o alongamento estático diminuiu significativamente o PT isométrico dos posteriores de coxa, durante flexão de joelho, nos ângulos de 101 e 81 graus. Em ângulos menores de avaliação (41 e 61 graus), o alongamento não alterou o desempenho de força muscular.

Em adição, McHug et al. (2006) avaliaram a relação ângulo-torque durante flexão isométrica de joelho em seis valores diferentes de ângulo (80, 65, 50, 35, 20 e 5 graus). Assim como Herda et al. (2008), os autores encontraram que o déficit de força mediado pelo alongamento é mais proeminente em comprimentos mais curtos da musculatura avaliada (80 e 65 graus), ou seja, durante avaliação da força muscular em ângulos maiores.

Alguns estudos tem sugerido que o déficit de força muscular mediado pelo alongamento pode estar associado a alteração na complacência da unidade músculotendínea (KAY e BLAZEVIK, 2009; KUBO et al., 2001; MAGNUSSON et al., 1995). A relação força-comprimento durante contrações isométricas máximas é uma medida adicional para se avaliar um dos fatores mecânicos que podem ser responsáveis pelo déficit de força induzido pelo alongamento. Um tendão mais complacente permite que o músculo opere em um menor comprimento, afetando diretamente sua relação comprimento-tensão, resultando em um deslocamento para a direita na curva força-comprimento (KAY e BLAZEVIK, 2009). Sendo assim, o torque pode diminuir quando o músculo é avaliado em situação de maior encurtamento e aumentar quando avaliado com maior comprimento. Em comprimentos musculares maiores, o aumento da complacência da unidade músculo-tendão reflete numa melhor formação de pontes cruzadas (actina-miosina), o que permite aumento nos valores de força. Portanto, o déficit de força mediado pelo alongamento

pode ser mais aparente apenas quando o grupo muscular se encontra em comprimentos inferiores àqueles que são ideais para a produção ótima de força muscular (HERDA et al., 2008).

No presente estudo, os flexores de joelho foram avaliados em um ângulo de 60 graus e os flexores de cotovelo em 30 graus. É bem provável que, por estarem em maior encurtamento, o alongamento afetou negativamente o desempenho de força muscular dos flexores de joelho, alterando a relação força-comprimento desse grupo muscular. Por outro lado, os flexores de cotovelo foram avaliados em uma posição mais alongada (maior comprimento) e o déficit de força muscular não foi observado.

Um grande número de autores, que procuraram investigar o déficit de força muscular mediado pelo alongamento, empregaram em seus delineamentos experimentais, protocolos com volumes demasiadamente altos. Fowles et al. (2000), por exemplo, observaram redução no PT isométrico após 30 minutos de alongamento estático (13 séries de 135 segundos) nos flexores plantares. Diferentes estudos têm apontado para a existência de uma relação dose-resposta entre o volume de alongamento empregado e o déficit de força muscular (OGURA et al., 2007; RYAN et al., 2008; SIATRAS et al., 2008).

De fato, Kay e Blazevich (2012), em revisão sistemática, afirmaram que reduções no desempenho muscular após realização do alongamento são mais observadas em estudos que utilizaram em seu protocolo experimental alongamentos com durações acima de 60 segundos.

Ryan et al. (2008), por exemplo, procuraram investigar o efeito de diferentes volumes de alongamento (2,4 e 8 minutos) no desempenho do PT isométrico e TDF dos flexores plantares. Os autores observaram redução na TDF somente após 4 e 8 minutos de alongamento. Para o PT isométrico não houve alteração induzida pelos diferentes volumes de alongamento empregados.

Utilizando um protocolo similar ao do presente estudo (três séries de 30 segundos de alongamento estático), Bazett-Jones et al. (2005) também não observaram alteração nos valores no PT isométrico e TDF obtidos durante a realização de agachamento isométrico. O protocolo de alongamento utilizado no presente estudo foi empregado de acordo com as recomendações internacionais para adultos idosos quanto ao volume de alongamento (três séries de 30 segundos) (ACSM, 2007). Mais uma vez, o protocolo de alongamento

empregado no presente estudo foi suficiente para reduzir o PT isométrico dos flexores de joelho, mas não dos flexores de cotovelo porém, devemos considerar o fato de que diferentes grupos musculares e diferentes ângulos de avaliação podem interferir nas respostas relacionadas ao déficit de força muscular mediado pelo alongamento.

No presente estudo não foi observado efeito do alongamento na atividade EMG dos músculos BB e BF. A atividade EMG fornece informações importantes sobre as estratégias de ativação neural do músculo esquelético. A amplitude EMG quantifica a ativação muscular, que pode ser modificada pelo número de unidades motoras recrutadas e pelas taxas de disparo dessas unidades (BECK et al., 2007; ORIZIO et al., 2003). Nesse sentido, medidas da atividade EMG podem detectar alterações neurais induzidas pelo alongamento do músculo. Diversas respostas neuromusculares ao alongamento poderiam contribuir na redução da atividade neural, tais como inibição autogênica promovida pelo Órgão Tendinoso de Golgi (OTG), mecanorreceptores (tipo III, aferentes) e nocirreceptores (tipo IV, aferentes). Tais mecanismos aferentes levariam a redução significativa na excitabilidade do motoneurônio alfa.

Fowles et al. (2000) observaram diminuição significativa na atividade EMG dos flexores plantares após 30 minutos de alongamento estático, sendo que, os valores da atividade EMG retornaram a condição inicial após 15 minutos. Por outro lado, autores que utilizaram um menor volume de alongamento (2-10 minutos) não encontraram alterações na atividade EMG dos flexores plantares (WEIR et al., 2005; RYAN et al., 2008). Segundo Fowles et al. (2000) uma possível inibição autogênica na ativação muscular causada pelo Órgão Tendinoso de Golgi ou pelos receptores tipo III e IV necessitaria de uma rotina de alongamento intensa e prolongada para ser ativada. A rotina de alongamento estático, no presente estudo, foi realizada no limiar de dor e com curto período de duração. Como consequência, a sensação de dor não estava presente durante a avaliação da força muscular após realização do alongamento.

Apesar da relevância dos resultados encontrados, no presente estudo os membros superiores e inferiores não foram avaliados em diferentes ângulos. Sendo assim, não podemos concluir de forma concreta que a diminuição no PT isométrico dos flexores de joelho ocorreu devido a especificidade do grupo muscular e/ou devido ao ângulo utilizado na avaliação.

4.5. Conclusão

O presente estudo demonstrou que o alongamento estático pode causar efeito diferenciado no desempenho de força muscular de mulheres idosas em membros superiores e inferiores. É importante salientar que a força muscular isométrica foi avaliada em apenas um ângulo. Sugere-se que novos estudos sejam realizados utilizando diferentes grupos musculares e diferentes ângulos de avaliação para uma melhor compreensão desse fenômeno em indivíduos idosos.

5. MANUSCRITO 2. Efeito agudo do alongamento estático na amplitude de movimento e resistência passiva de mulheres idosas.

5.1. Introdução

Exercícios de alongamento têm sido tradicionalmente incorporados no início das sessões de treinamento com o objetivo de reduzir o risco de lesões (KNUDSON, 1999), melhorar o desempenho (SHRIER, 2004) e aumentar a amplitude de movimento (AM) articular (ACSM, 1998).

A prática de exercícios de alongamento estático tem sido recomendada por diversos autores e incorporada em sessões de aquecimento que precedem a prática de atividade física, em protocolos de treinamento e programas de reabilitação. De qualquer forma, protocolos de alongamento estático tem recebido pouca atenção da literatura, sendo que conclusões com relação aos volumes e métodos de alongamento mais eficazes e seguros ainda não podem ser tomadas (ACSM, 2009).

Segundo o ACSM (2007) os volumes de alongamento empregados nos protocolos de alongamento podem variar entre 15-60 segundos, repetidos entre três a quatro vezes. Madding et al. (1987) não encontrou diferenças significativas na AM após uma série de 15 segundos, 45 segundos ou dois minutos de alongamento estático nos adutores do quadril. Por outro lado, Zito et al. (1997)

demonstraram que duas séries de 15 segundos de alongamento estático não foram suficientes para causar aumento na AM do tornozelo.

Além da falta de conclusões concretas com relação prescrição ideal de um protocolo de alongamento, pouco se sabe com relação aos mecanismos associados ao aumento da AM, principalmente ao efeito do alongamento nas propriedades passivas mecânicas da UMT. Uma das formas indiretas de se avaliar as propriedades passivas mecânicas da UMT é pela avaliação de torque passivo durante alongamento em dinamômetro isocinético. Além disso, o pico de torque passivo observado durante o alongamento da UMT e o torque passivo correspondente a AM máxima estão relacionados com uma maior tolerância ao alongamento, sendo que quanto maior a AM alcançada por uma determinada articulação, maior será o torque passivo ofertado em sua amplitude máxima (KNUDSON, 2006)

Além disso, poucos estudos que analisaram o efeito do alongamento na AM e propriedades da UMT de idosos foram encontrados. Durante o processo de envelhecimento há um aumento significativo na quantidade de fibras de colágeno e diminuição da sua funcionalidade na UMT. Conseqüentemente, uma maior complacência é observada nos músculos e tendões (ARKING, 1991; HOLLAND et al., 2002). Sendo assim, conclusões relacionadas ao efeito de alongamento estático em jovens não podem ser extrapoladas para a população idosa.

Gajdosik et al. (2005), em estudo realizado com idosas destreinadas, observaram que o treinamento de oito semanas de alongamento estático (10 séries de 15 segundos) do gastrocnêmio causou aumentos no torque passivo da correspondente a AM máxima. Agudamente, Ryan et al. (2014), com objetivo de analisar o efeito agudo do alongamento, relataram aumento do pico de torque passivo dos flexores plantares após 20 minutos de alongamento estático do gastrocnêmio de homens idosos.

É importante observar que os autores que buscaram analisar o efeito do alongamento na AM e propriedades passivas mecânicas da UMT aplicaram em seu protocolo experimental volumes de alongamento demasiadamente altos, sendo que tais protocolos não condizem com a prática.

O presente estudo teve como objetivo analisar o efeito agudo do alongamento estático, empregado de acordo com as recomendações internacionais para adultos idosos (três séries de 30 segundos) na AM, pico de

torque passivo e torque passivo correspondente ao ângulo máximo de mulheres idosas. Nossa hipótese é de que o protocolo de alongamento empregado irá causar aumentos na AM e, conseqüentemente, maiores valores de pico de torque passivo e torque passivo correspondente ao ângulo máximo serão observados.

5.2. Método

5.2.1. Sujeitos

Participaram do estudo 15 mulheres (67.0 ± 4.0 anos; 70.0 ± 12.0 Kg; $1,56 \pm 0.0$ m; 28.6 ± 5.0 Kg/m²), envolvidas em programas de atividade física generalizada com freqüência de 3 vezes semanais há pelo menos três meses. Para recrutamento das participantes foram adotados os seguintes critérios de exclusão: participantes que relataram, em anamnese anterior à realização dos testes preliminares, qualquer um dos agravos cardiovasculares ou infecciosos relacionados na lista de contra-indicações absolutas (doença infecciosa aguda; aneurisma da aorta; estenose aórtica; insuficiência cardíaca congestiva; angina instável; infarto agudo do miocárdio; miocardite aguda; embolia pulmonar ou sistêmica aguda; tromboflebite; taquicardia ventricular) descritas no Physical Activity Readiness Medical Examination (PARmed-X, 2002); contra-indicações relativas de ordem mental, neurológica, muscular, ósteo-articular que limitem ou impossibilitem a realização do protocolo de avaliação e treinamento. O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) (parecer 72053) (Anexo 1). Todas as participantes que concordaram em participar da pesquisa assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, também aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa local (Anexo 2).

5.2.2. Delineamento Experimental

Cada participante visitou o laboratório durante três ocasiões com intervalo de 24 horas entre as visitas. As participantes foram instruídas a não realizar qualquer atividade física intensa durante o período de avaliações. A primeira visita teve por objetivo: a) familiarização aos procedimentos adotados para a

avaliação do torque passivo no dinamômetro isocinético; b) familiarização aos procedimentos adotados para o exercício de alongamento estático; c) realização de medidas antropométricas (massa corporal; estatura; comprimento do membro inferior).

Nas duas visitas subsequentes o torque passivo foi registrado imediatamente após duas condições experimentais: controle (C) ou alongamento (A). Para a condição C, as participantes permaneceram repousadas por um período de tempo similar a duração total da rotina de alongamento (~2,5 min.). A ordem de emprego para cada condição (C ou A) em cada um dos membros (superiores ou inferiores) foi determinada pelo método de aleatorização do tipo *cross-over* balanceado. Todos os procedimentos foram realizados na mesma hora do dia para minimizar possíveis variações circadianas no comportamento da UMT.

5.2.3. Resistência passiva

A avaliação do pico de torque passivo foi realizada em um dinamômetro isocinético (*Biodex Multi-Joint System 3, Biodex Medical System Inc., NY, USA*) programado no modo passivo. As participantes foram posicionadas no dinamômetro isocinético, com a pélvis em anteversão e a perna dominante em repouso em um suporte posicionado próximo da articulação do joelho afim de manter a articulação do quadril em 110 graus de flexão. O epicôndilo lateral femoral foi alinhado com o eixo do dinamômetro e o acessório foi posicionado acima do maléolo lateral. A posição de cada participante foi registrada para assegurar a reprodução nas condições C e A.

A alavanca do dinamômetro foi posicionada na horizontal para a determinação da posição 0 grau. Em seguida, foi delimitada a amplitude de movimento do teste através da determinação do ângulo máximo de flexão e extensão do joelho. A avaliação consistia no deslocamento passivo da articulação do joelho pelo examinador, a partir de um ângulo de flexão máxima permitida pelo aparelho. A posição final foi determinada como o ângulo em que a participante relatou sentir desconforto, não dor. Dessa forma, a amplitude de movimento utilizada durante o teste foi definida. Todas as participantes foram orientadas a permanecerem em repouso e relaxadas o máximo possível. Cada

participante completou três medidas com intervalo de um minuto entre cada medida. O dinamômetro passivamente deslocou a articulação do joelho da flexão para a extensão máxima pré definida anteriormente a 5°/s (MAGNUSSON et al., 1996).

A AM máxima foi definida como o ângulo do joelho em que o movimento do dinamômetro foi interrompido. O pico de torque passivo foi registrado pelo dinamômetro como maior valor de torque registrado durante a medida. O torque passivo correspondente ao ângulo máximo foi registrado pelo dinamômetro quando o ângulo máximo de cada participante, determinado previamente, foi alcançado. A medida com maior valor de AM foi utilizada para as análises subsequentes, em ambas as condições.

5.2.4. Protocolo de Alongamento

A rotina de alongamento empregada no presente estudo foi elaborada levando em consideração atuais recomendações internacionais para adultos idosos (ACSM, 2007). O protocolo de alongamento consistiu em três séries de 30 segundos de alongamento estático. Cada série foi separada por 30 segundos de intervalo.

As participantes, em pé com os joelhos estendidos, foram instruídas a inclinar o tronco em direção aos joelhos. O limite do alongamento foi determinado como a amplitude de movimento articular atingida no momento em que a participante observou início da sensação de desconforto. É importante ressaltar que antes das sessões experimentais, todas as participantes foram familiarizadas aos procedimentos adotados para a realização da rotina de alongamento estático. Durante a sessão de familiarização, as participantes foram instruídas a identificar e relatar ao pesquisador o início da sensação de desconforto durante o alongamento dos flexores de joelho.

5.2.5. Análise Estatística

Para análise dos dados foi utilizada, inicialmente, estatística descritiva (média e desvio-padrão). Uma vez constatada a distribuição normal dos dados,

através do teste de Shapiro Wilk, foi aplicado o teste t-Student pareado para verificar diferenças entre as condições C e A nas variáveis analisadas (AM máxima, pico de torque passivo e torque passivo correspondente ao ângulo máximo). O coeficiente de correlação intraclasse (R) foi utilizado para testar a reprodutibilidade das medidas entre as duas condições experimentais (C e A) em todas as variáveis. O tamanho do efeito (ES) foi calculado, dividindo-se a diferença entre a média dos valores associados a cada comparação pelo conjunto de desvio-padrão. O nível de significância adotado para todas as análises foi de $p < 0.05$. As informações foram processadas no pacote computacional SPSS versão 20.0 (IBM SPSS Data Collection, Chicago, IL, USA).

5.3. Resultados

A tabela 1 contém os valores de AM máxima, pico de torque e torque passivo correspondente ao ângulo máximo nas condições C e A. O índice de correlação intraclasse (R) obtido para a medida de resistência passiva foi de 0.84 (95% de intervalo de confiança [IC]; 0.50 - 0.94). Foi observado aumento significativo na AM articular após realização do alongamento ($p=0.01$; $ES=0.74$), porém, nenhuma alteração no pico de resistência passiva ($p=0.53$; $ES=0.17$) e no torque passivo no ponto de AM máxima ($p= 0.12$; $ES=0.15$).

Tabela 1. Valores de amplitude movimento (AM) máxima, pico de torque passivo e torque passivo correspondente ao ângulo máximo nas condições controle e alongamento. Valores em média \pm desvio padrão) (n=15)

	AM máxima (graus)	Pico de torque (Nm)	Pico de torque ângulo máximo (Nm)
Controle	66.0 \pm 8.4	42.3 \pm 11.0	24.2 \pm 5.3
Alongamento	72.1 \pm 7.1*	43.2 \pm 11.3	23.0 \pm 9.0

*diferença estatisticamente significativa ($p < 0.05$)

5.4. Discussão

5.4.1. Amplitude de movimento máxima articular

No presente estudo, a AM máxima da articulação do joelho foi utilizada como indicativo de flexibilidade dos posteriores de coxa, através do teste de extensão passiva do joelho. O protocolo de alongamento estático empregado (três séries de 30 segundos) resultou em um aumento da AM máxima ($p=0.01$; $ES=0.74$), indicando que o volume de alongamento utilizado é eficaz para aumentar, de forma aguda, a flexibilidade de mulheres idosas. Considerando que a eficácia do protocolo de alongamento seja medida pela magnitude do aumento na AM, o protocolo empregado no presente estudo mostrou-se eficaz para o aumento agudo da AM máxima de mulheres idosas. Sendo assim, a necessidade de se utilizar volumes altos de alongamento na prescrição de protocolos de atividade física para idosos deve ser questionada.

Um grande número de estudos tem demonstrado aumento na AM máxima após realização do alongamento estático em jovens (CONDON e HUTTON, 1987; MOLLER et al., 1985; ZITO et al., 1997; MADDIGAN et al., 2012). Em sujeitos idosos, apenas dois estudos foram encontrados. Zakas et al. (2006) observaram aumento significativo da AM máxima do tornozelo, joelho e tronco imediatamente após alongamento estático realizado nos grupos musculares testados. Em adição, Ryan et al. (2014) demonstraram aumento significativo na AM máxima do tornozelo após 20 minutos de alongamento estático em homens idosos. Os resultados encontrados no presente estudo demonstraram que o protocolo de alongamento estático empregado causou um ganho médio de 6° na AM máxima da articulação do joelho. Mesmo após um protocolo com maior volume de alongamento estático (20 minutos), Ryan et al. (2014) observaram aumento similar (9°) na AM máxima do tornozelo, em homens idosos.

Aumentos na AM observados imediatamente após realização do alongamento estático tem sido atribuídos a dois mecanismos: alterações na capacidade da UMT de tolerar maiores níveis de tensões durante o alongamento e/ou a alterações nas propriedades mecânicas, como diminuição no *stiffness* causada por uma diminuição na tensão passiva, por exemplo. (MAGNUSSON et al., 1996; MORSE et al., 2008). A diminuição na tensão passiva pode ocorrer

devido ao “relaxamento de estresse”, definido como a diminuição na tensão da UMT quando alongada e mantida na posição durante algum tempo. Estudos tem demonstrado que o “relaxamento de estresse” pode ocorrer nos primeiros 20 segundos de alongamento da UMT (McHUGH et al., 1992; MAGNUSSON, 1998, McNAIR et al., 2000; DUONG et al., 2001; KNUDSON, 2006). De qualquer forma, no presente estudo o “relaxamento de estresse” não foi avaliado, sendo que a contribuição relativa das alterações na “tolerância ao alongamento” e “propriedades mecânicas/fisiológicas” no aumento da AM máxima permanecem inexplicadas e necessitam de mais estudos.

5.4.2. Resistência passiva

Após realização do protocolo de alongamento, foram observados maiores valores de AM máxima durante extensão de joelho, porém, nenhuma alteração foi encontrada no pico de torque passivo ($p=0.53$; $ES=0.17$) e no torque passivo correspondente ao ângulo máximo das participantes ($p=0.12$; $ES=0.15$). Embora não tenha sido estabelecido na literatura um tempo ótimo para realização do alongamento estático, algumas recomendações internacionais tem sugerido que o alongamento deve ser realizado com durações que variam entre 15 e 60 segundos, repetido por três a quatro vezes (ACSM, 1998). De fato, aumentos na AM máxima tem sido reportados após realização de uma única série de alongamento, variando entre 20 e 60 segundos (CONDON e HUTTON, 1987; ACSM, 2009). Nós acreditamos que o protocolo de alongamento utilizado no presente estudo (três séries de 30 segundos) seria suficiente para aumentar a AM máxima, o pico de torque passivo e o torque passivo correspondente ao ângulo máximo.

Nossos resultados são similares aos encontrados por Muir et al. (1999), que não observaram alterações na amplitude de torque passivo e pico de torque passivo dos flexores plantares após um protocolo de alongamento similar ao do presente estudo (quatro séries de 30 segundos), em homens jovens. Os autores afirmam que os resultados observados podem indicar que outros mecanismos, além das propriedades mecânicas do tecido conjuntivo, estão associados ao aumento da AM máxima observada após realização do alongamento. Segundo eles, o aumento da AM máxima pode ser explicada por alterações

neuromusculares. Estudos que investigaram os efeitos neuromusculares do alongamento tem consistentemente demonstrado uma diminuição no reflexo H após realização de exercícios de alongamento (VUJNOVICH e DAWSON, 1994; GUISSARD et al., 2004). Sendo assim, os autores concluíram que reduções na excitabilidade do motoneurônio alfa podem ter levado ao aumento da AM máxima de homens jovens. De qualquer forma, é importante considerar que autores que utilizaram um menor volume de alongamento (2 - 10 minutos) não encontraram alterações na atividade eletromiográfica dos flexores plantares (WEIR et al., 2005; RYAN et al., 2008). Aparentemente, uma possível inibição autogênica na ativação muscular necessitaria de uma rotina de alongamento intensa e prolongada para ser ativada (FOWLES et al., 2000). A rotina de alongamento estático, no presente estudo, foi realizada no limiar de dor e com curto período de duração. Em adição, Ryan et al. (2014) observaram que, em homens idosos, 20 minutos de alongamento estático dos flexores plantares causaram aumento da AM máxima e no pico de torque passivo, sem alterações na amplitude do sinal eletromiográfico dos músculos.

A magnitude do aumento agudo na tensão passiva pode ser uma combinação de diversos fatores. Toft et al. (1989) demonstraram que a tensão passiva aumenta exponencialmente com o aumento do comprimento muscular, sendo que os músculos oferecem maior contribuição para essa variável. Sendo assim, se a AM é maior, a tensão passiva observada no ângulo máximo de alongamento deveria aumentar. No presente estudo, o aumento da AM máxima deveria ser acompanhado pelo aumento na tensão passiva, o que não ocorreu. Após realização do alongamento, a UMT das participantes se estendeu com maior facilidade, dado aumento observado na AM. No presente estudo, a complacência da UMT não foi avaliada, mas pressupomos que houve diminuição da resistência passiva ofertada ao longo do alongamento durante o teste passivo. Observando os resultados, podemos hipotetizar que o protocolo de alongamento empregado causou adaptações no tecido conjuntivo que envolve a UMT, e não no músculo, levando a uma maior complacência da unidade. Se o risco de lesão é diminuído quando uma menor resistência passiva é ofertada durante o exercício, o protocolo de alongamento utilizado pode ser recomendado como parte das sessões de aquecimento que precedem a prática de atividade física em mulheres idosas.

É importante considerarmos que mulheres possuem maiores valores de AM do que homens. Mulheres de meia idade e mulheres idosas possuem um menor volume muscular e um tendão mais complacente do que homens da mesma idade, fazendo com que sua UMT exiba uma menor resistência passiva (KATO et al., 2005). Além disso, durante o processo de envelhecimento há um aumento significativo na quantidade de fibras de colágeno e diminuição de fibras de elastina na UMT, bem como aumento da ocorrência de pontes cruzadas. Conseqüentemente, músculos e tendões podem exibir menor tensão passiva e terem sua funcionalidade alterada (ARKING, 1991; HOLLAND et al., 2002). Sendo assim, nossos resultados podem sugerir que o alongamento não causou aumento na tensão passiva de mulheres idosas, uma vez que as participantes já possuem uma UMT mais complacente, fenômeno que pode ser associado ao gênero e ao envelhecimento.

Embora o presente estudo apresente achados relevantes, alguns fatores devem ser considerados. A inclinação da curva comprimento-tensão passiva e atividade eletromiográfica dos flexores de joelho não foram avaliadas nas diferentes condições (C e A). Possíveis alterações na complacência e na atividade neural da UMT causadas pelo alongamento poderiam ser observadas através dessas variáveis. Sendo assim os resultados observados ainda não são suficientes para que conclusões concretas com relação aos mecanismos associados ao aumento da AM articular, após realização do alongamento, podem ser realizadas.

5.5. Conclusão

O objetivo do presente estudo foi analisar o efeito agudo do alongamento estático na AM máxima, pico de torque passivo e torque passivo correspondente ao ângulo máximo dos posteriores de coxa de mulheres idosas. O protocolo de alongamento empregado foi suficiente para aumentar a AM articular, porém, não causou alterações nos valores de pico de torque passivo e torque passivo no ângulo máximo. Estudos que procurem analisar o efeito agudo do alongamento nas propriedades passivas da UMT, juntamente com análise da atividade

eletromiográfica e comparando diferentes volumes, em idosos, devem ser realizados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAGAARD, P.; SIMONSEN, E.B.; ANDERSEN, J.L.; MAGNUSSON, P.; DYHRE-POULSEN, P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. **Journal of Applied Physiology**, v.93, p.1318-26, 2002.

ACSM - AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Exercise and physical activity for older adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.30, p. 992-1008, 1998.

ACSM - AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Physical activity and public health in older adults. Recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. **Journal of the American Heart Association**, v.116, p.1094-105, 2007.

ACSM – AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Exercise and physical activity for older adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.120, p. 1510-30, 2009.

ACSM - AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **ACSM's guidelines for exercise testing and prescription**. Lippincott, Williams & Wilkins, Philadelphia (PA), 2010.

ARKING, R. **Biology of aging, observations and principles**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1991.

AVELA, J.; FINNI, T.; LIIKAVAINIO, T.; NIEMELA, E.; KOMI, P.V. Neural and mechanical responses of the triceps surae muscle group after 1 h of repeated fast passive stretches. **Journal of Applied Physiology**, v.96, n.13, p.2325-32, 2004.

BAZZET-JONES, D.M.; WINCHESTER, J.B.; McBRIDE, J.M. Effect of potentiation and stretching on maximal force, rate of force development and range of motion. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.19, p.421-26, 2005.

BECK, T.W.; HOUSH, T.J.; JOHNSON, G.O.; CRAMER, J.T.; WEIR, J.P.; COBURN, J.W.; MALEK, M.H. Does the frequency content of the surface mechanomyographic signal reflect motor unit firing rates? A brief review. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.17, p.1-13, 2007.

CONDON, S.M.; HUTTON, R.S. Soleus muscle electromyographic activity and ankle dorsiflexion range of motion during four stretching procedures. **Physical Therapy Journal**, v. 67, p. 24–30, 1987.

COUTINHO, E.L.; GOMES, A.R.S; FRANÇA, C.N., et al. Effect of passive stretching on the immobilized soleus fiber morphology. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 29, p. 1853-61, 2004.

CURRY, B.S.; CHENGKALATH, D.; CROUCH, G.J.; ROMANCE, M.; MANNS, P.J. Acute effects of dynamic stretching, static stretching, and light aerobic activity on muscular performance in women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.23, n.6, p.1811-19, 2009.

DALRYMPLE, K.J.; DAVIS, S.E.; DWYER, G.B.; MOIR, G.L. Effect of static and dynamic stretching on vertical jump performance in collegiate women volleyball players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.24, n.1, p.149-55, 2010.

DECOSTER, L.C.; CLELAND, J.; ALTIERI, C.; RUSSELL, P. The effects of hamstring stretching on range of motion: a systematic literature review. **The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 35, p. 377-87, 2005.

DUONG, B.; LOW, M.; MOSLEY, A.M.; LEE, R.; HERBERT, R.D. Time course of stress relaxation and recovery in human ankles. **Clinical Biomechanics**, v. 16, p. 601-7, 2001.

EVETOVICH, T.K.; NAUMAN, N.J.; CONLEY, D.S.; TODD, J.B. Effect of static stretching of the biceps brachii on torque, electromyography, and mechanomyography during concentric isokinetic muscle actions. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.17, n.3, p.484-88, 2003.

FERREIRA, L.; GOBBI, S.; GOBBI, L.T. An explanatory mechanism for the different decline in limb strength in older women. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, v. 49, p. 373-77, 2009.

FOWLES, J.R.; SALE, D.G.; MacDOUGALL, J.D. Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors. **Journal of Applied Physiology**, v.89, p.1179-88, 2000.

GAJDOSIK, R.L.; VANDER LINDEN, D.W.; McNAIR, P.J.; WILLIAMS, A.K.; RIGGIN, T.J. Effects of an eight-week stretching program on the passive-elastic

properties and function of the calf muscles of older women. **Clinical Biomechanics**, v. 20, p. 973-83, 2005.

GAJDOSIK, R.L.; ALLRED, J.D.; GABBERT, H.L.; SONSTENG, B.A. A stretching program increases the dynamic passive length and passive resistive properties of the calf muscle-tendon unit of unconditioned younger women. **European Journal of Applied Physiology**, v. 99, p. 449-54, 2007.

GOBBI, S.; VILLAR, R.; ZAGO, A.S. **Bases teórico-práticas do condicionamento físico**. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 2005.

GOLDSPINK, G.; TABARY, C.; TABARY, J.C.; et al. Effect of denervation on the adaptation of sarcomere number and muscle extensibility to the functional length of the muscle. **Journal of Physiology**, v. 236, p. 733-42, 1974.

GONÇALVES, R.; GURJÃO, A.L.D.; JAMBASSI FILHO, J.C.; FARINATTI, P.T.; GOBBI, L.T.B.; GOBBI, S. The acute effects of static stretching on peak force, peak rate of force development and muscle activity during single and multiple joint actions in older women. **Journal of Sports Sciences**, v. 31, p. 690-98, 2013.

GUISSARD, N.; DUCHATEAU, J. Effect of static stretch training on neural and mechanical properties of the human plantar-flexor muscles. **Muscle & Nerve**, v. 29, p. 248-55, 2004.

GURJÃO, A.L.D.; GONÇALVES, R.; MOURA, R.F.; GOBBI, S. Acute Effect of Static Stretching on Rate of Force Development and Maximal Voluntary Contraction in Older Women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.23, n.7, p.2149-54, 2009.

HERDA, T.J.; CRAMER, J.T.; RYAN, E.D.; McHUGH, M.P.; STOUT, J.R. Acute effects of static versus dynamic stretching on isometric peak torque, electromyography, and mechanomyography of the biceps femoris muscle. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.22, n.3, p.809-17, 2008.

HERMENS, H.J.; FRERIKS, B.; DISSELHORST-KLUG, C.; RAU, G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.10, n.5, p.361-74, 2000.

HOLLAND, G.J.; TANAKA, K.; SHIGEMATSU, R.; NAKAGAICHI, M. Flexibility and physical functions of older adults: A Review. **Journal of Aging and Physical Activity**, v. 10, p. 169-206, 2002.

HOLT, B.W.; LAMBOURNE, K. The impact of different warm-up protocols on vertical jump performance in male collegiate athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.22, n.1, p.226-9, 2008.

KATO, E.; ODA, T.; CHINO, K.; KURIHARA, T.; NAGAYOSHI, T.; FUKUNAGA, T.; KAWAKAMI, Y. Musculotendinous factors influencing difference in ankle joint flexibility between women and men. **International Journal of Sport and Health Science**, v. 3, p. 218-25, 2005.

KAY, A.D.; BLAZEVIK, A.J. Moderate-duration static stretch reduces active and passive plantar flexor moment but not Achilles tendon stiffness or active muscle length. **Journal of Applied Physiology**, v.106, p.1249-56, 2009.

KAY, A.D.; BLAZEVIK, A.J. Effect of acute static stretching on maximal muscle performance: a systematic review. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 44, p. 154-64, 2012.

KNUDSON, D. Stretching during warm-up: do we have enough evidence? **Journal of Physical Education, Recreation and Dance**, v. 70, p. 24-27, 1999.

KNUDSON, D.; NOFFAL, G. Time course of stretch-induced isometric strength deficits. **European Journal of Applied Physiology**, v.94, p.348-51, 2005.

KNUDSON, D. The biomechanics of stretching. **Journal of Exercise Science and Physiotherapy**, v. 2, p. 3-12, 2006.

KUBO, K.; KANEHISA, H.; KAWAKAMI, Y.; FUKUNAGA, T. Influence of static stretching on viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. **Journal of Applied Physiology**, v.90, p.520-27, 2001.

KUBO, K.; KANEHISA, H.; FUKUNAGA, T. Is passive stiffness related to elasticity of tendon structures? **European Journal of Applied Physiology**, v. 85, p. 226-32, 2001.

KUBO, K.; KANEHISA, H.; FUKUNAGA, T. Effect of stretching training on the viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. **Journal of Applied Physiology**, v. 92, p. 595-601, 2002.

MADDING, S.W.; WONG, J.C.; HALLUM, A.; MEDEIROS, J.M. Effect of duration of passive stretch on hip abduction range of motion. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 8, p. 409-16, 1987.

MADDIGAN, M.E.; PEACH, A.A.; BEHM, D.G. A comparison of assisted and unassisted proprioceptive neuromuscular facilitation techniques and static

stretching. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.26, p. 1238-44, 2012.

MAGNUSSON, S.P.; SIMONSEN, E.B.; AAGAARD, P.; GLEIM, G.W.; MCHUGH, M.P.; KJAER, M. Viscoelastic response to repeated static stretching in human skeletal muscle. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v.5, p.342-47, 1995.

MAGNUSSON, S.P.; SIMONSEN, E.B.; DYHRE-POULSEN, P.; AAGAARD, P.; MOHR, T.; KJAER, M. Viscoelastic stress relaxation during static stretch in human skeletal muscle in the absence of EMG activity. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v.6, p.323–28, 1996.

MAGNUSSON, S.P. Passive properties of human skeletal muscle during stretch maneuvers: a review. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v.8, p. 65-77, 1998.

MAGNUSSON, S.P.; AAGAARD, P.; ROSAGER, S.; DYHRE-POULSEN, P.; KJAER, M. Load-displacement properties of human triceps surae aponeurosis in vivo. **Journal of Physiology**, v. 531, p. 277-88, 2001.

MAHIEU, N.N.; McNAIR, P.; DE MUYNCK, M.; STEVENS, V.; BLANCKAERT, I.; SMITS, N.; WITVROUW, E. Effect of static and ballistic stretching on the muscle-tendon tissue properties. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 39, p. 494-501, 2007.

MAHIEU, N.N.; COOLS, A.; DE WILDE, B.; BOON, M.; WITVROUW, E. Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on the plantar flexor muscle-tendon unit tissue properties. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 19, p. 553-60, 2009.

MAREK, S.M.; CRAMER, J.T.; FINCHER, A.; MASSEY, L.L.; DANGELMAIER, S.M.; PURKAYASTHA, S.; FITZ, K.A.; CULBERTSON, J.Y. Acute effects of static and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle strength and power output. **Journal of Athletic Training**, v.40, p.94-103, 2005.

McBRIDE, J.M.; DEANE, R.; NIMPHIUS, S. Effect of stretching on agonist-antagonist muscle activity and muscle force output during single and multiple joint isometric contractions. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v.17, p.54-60, 2007.

McHUG, M.P.; MAGNUSSON, S.P.; GLEIM, G.W.; NICOLAS, J.A. Viscoelastic stress relaxation in human skeletal muscle. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 24, p. 1375-82, 1992.

McHUG, M.P. Strength loss following static stretching: the role of muscle length. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.38, p.S373-74, 2006.

McNAIR, P.J.; DOMBROSKI, E.W.; HEWSON, D.J.; STANLEY, S.N. Stretching at the ankle joint: viscoelastic responses to holds and continuous passive motion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 33, p. 354-58, 2000.

MOLLER, M.; EKSTRAND, J.; OBERG, B.; GILLQUIST, J. Duration of stretching effect on range of motion in lower extremities. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 66, p. 171-73, 1985.

MORSE, C.I.; DEGENS, H.; SEYNNES, O.R.; MAGANARIS, C.N.; JONES, A.J. The acute effect of stretching on the passive stiffness of the human gastrocnemius muscle tendon unit. **The Journal of Physiology**, v.586, p.97-106, 2008.

MUIR, I.W.; CHESWORTH, B.M.; VANDERVOORT, A.A. Effect of a static calf-stretching exercise on the resistive torque during passive ankle dorsiflexion in healthy subjects. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v.29, p.106-115, 1999.

NAKAMURA, M.; IKEZOE, T.; TAKENO, Y.; ICHIHASHI, N. Effects of a 4-week static stretching training program on passive stiffness of human gastrocnemius muscle-tendon unit in vivo. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, p. 2749-55, 2012.

NELSON, A.G.; ALLEN, J.D.; CORNWELL, A.; KOKKONEN, J. Inhibition of maximal voluntary isometric torque production by acute stretching is joint angle specific. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.72 p.68-70, 2001.

NELSON, M.; REJESKI, W.J.; BLAIR, S.N.; et al. Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v.39, p. 1435-45, 2007.

NIKOLIC, M.; MALMAR-DRAGOJEVIC, D.; BOBINAC, D.; BAJEK, S.; JERKOVIC, R.; SOIC-VRANIC, T. Age-related skeletal muscle atrophy in human: an immunohistochemical and morphometric study. **Collegium Antropologicum**, v. 25, p. 545-53, 2001.

OGURA, Y.; MIYAHARA, Y.; NAITO, H.; KATAMOTO, S.; AOKI, J. Duration of static stretching influences muscle force production in hamstring muscles. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.21, p.788-92, 2007.

ORIZIO, C.; GOBBO, M.; DIEMONT, B.; ESPOSITO, F.; VEICSTEINAS, A. The surface mechanomyogram as a tool to describe the influence of fatigue on biceps

brachii motos unit activation strategy: historical basis and novel evidence. **European Journal of Applied Physiology**, v.90, p.326-36, 2003.

RAMOS, G.V.; SANTOS, R.R.; GONÇALVES, A. Influência do alongamento sobre a força muscular: uma breve revisão sobre as possíveis causas. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v.9, n.2, p.203-6, 2007.

ROBBINS, J.W. e SCHEURMANN, B.W. Varying amounts of acute static stretching and its effect on vertical jump performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.22, n.3, p.781-6, 2008.

RUBINI, E.C.; GOMES, P.S.C. Protein titin and its application on muscle elasticity: a short review. **Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício**, v. 3, p. 26-30, 2004.

RUBINI, E.C.; COSTA, A.L.L.; GOMES, P.S.C. The effects of stretching on strength performance. **Sports Medicine**, v.37, p.213-24, 2007.

RYAN, E.D.; BECK, T.W.; HERDA, T.J.; HULL, H.R.; HARTMAN, M.J.; STOUT, J.R.; CRAMER, J.T. Do practical durations of stretching alter muscle strength? A dose-response study. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.40, n.8, p.1529-37, 2008.

RYAN, E.D.; HERDA, T.J.; COSTA, P.B.; HERDA, A.A.; CRAMER, J.T. Acute effects of passive stretching of the plantarflexor muscles on neuromuscular function: the influence of age. **American Aging Association**, v. 36, p. 1-12, 2014.

SALE, D.G. Postactivation potentiation: Role in human performance. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v.30, p.138-43, 2002.

SHRIER, I. Does stretching improve performance? A systematic and clinical review of the literature. **Clinical Journal of Sports Medicine**, v. 14, p. 256-73, 2004.

SIATRAS, T.A.; MITTAS, V.P.; MAMELETZI, D.N.; VAMVAKOUDIS, E.A. The duration of the inhibitory effects with static stretching on quadriceps peak torque production. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.22, n.1, p.40-6, 2008.

TAYLOR, D.C.; DALTON, J.D.; SEABER, A.V.; GARRETT, G.E. Viscoelastic properties of muscle-tendon units: the biomechanical effects of stretching. **The American Journal of Sports Medicine**, v.18, p.300-9, 1990.

THOMPSEN, A.G.; KACKLEY, T.; PALUMBO, M.A.; FAIGENBAUM, A.D. Acute effects of different warm up protocols with and without a weighted vest on jump performance in athletic women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.21, n.1, p.52-6, 2007.

TOFT, E.; ESPERSEN, G.T.; KALUND, S.; SINKJAER, T.; HORNEMANN, B.C. Passive tension of the ankle before and after stretching. **American Journal of Sports Medicine**, v.17, p. 489-94, 1989.

VETTER, R.E. Effects of six warm-up protocols on sprint and jump performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.21, n.3, p.819-23, 2007.

VIVEIROS, L.; POLITO, M.D.; SIMÃO, R.; FARINATTI, P. Respostas agudas imediatas e tardias da flexibilidade na extensão do ombro em relação ao número de séries e duração do alongamento. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.10, n.6, p.459-63, 2004.

VUJNOVICH, A.L.; DAWSON, N.J. The effects of therapeutic muscle stretch on neural processing. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 20, p. 145-53, 1994.

WALLMANN, H.W.; MERCER, J.A.; Mcwhorter, J.W. Surface eletromyographic assessment of the effect of static stretching of the gastrocnemius on vertical jump performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.19, n.3, p.684-8, 2005.

WEIR, D.E.; TINGLEY, J.; ELDER, G.C. Acute passive stretching alters the mechanical properties of human plantar flexors and the optimal angle for maximal voluntary contraction. **European Journal of Applied Physiology**, v.93, p.614-23, 2005.

WINCHESTER, J.B.; NELSON, A.G.; KOKKONEN, J. A single 30-s stretch is sufficient to inhibit maximal voluntary strength. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.80, n.2, p.257-61, 2009.

YAMAGUCHI, T.; ISHII, K.; YAMANAKA, M.; YASUDA, K. Acute effects of dynamic stretching exercise on power output during concentric dynamic constant external resistance leg extension. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.21, n.4, p.1238-44, 2007.

YOUNG, W.B. The use of static stretching in warm-up for training and competition. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v.2, p.212-16, 2007.

ZAKAS, A.; DOGANIS, G.; PAPAKONSTANDINOY, V.; SENTELIDIS, T.; VAMVAKOUDIS, E. Acute effects of static stretching duration on isokinetic peak torque production of soccer players. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 18, p. 252-61, 2006.

ZITO, M.; DRIVER, D.; PARKER, C.; BOHANNON, R. Lasting effect of one bout of two 15-second passive stretches on ankle dorsiflexion range of motion. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 26, p. 214-21, 1997.

ANEXOS

Plataforma Brasil - Ministério da Saúde

Universidade Federal de São Carlos/UFSCar

PROJETO DE PESQUISA

Título: Efeitos do treinamento e destreinamento de diferentes protocolos de exercício físico sobre idosos sedentários. **Área Temática:**

Pesquisador: Raquel Gonçalves **Versão:** 1

Instituição: Universidade Federal de São Carlos/UFSCar **CAAE:**
02564412.7.0000.5504

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Número do Parecer:27598

Data da Relatoria:12/06/2012

Apresentação do Projeto:

Tema bem apresentado e justificado, porém com incompleta descrição dos procedimentos, não indicando o local da pesquisa, a forma de recrutamento e nem os critérios para formação dos grupos.

Objetivo da Pesquisa:

Definido.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Inconsistência entre o que descreve o projeto e o que comunica o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), conforme apontado no quadro "considerações sobre os termos...", abaixo.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa relevante social e acadêmica.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Sobre o período de treinamento, o projeto indica 6 semanas e o TCLE indica 8 semanas. O TCLE indica que as/os idosas/os "poderão ou não fazer parte da atividade física" mas não aponta quais serão os critérios que as/os selecionarão (eventualmente para o grupo controle - que não realizará os exercícios). Também não aborda a questão da frequência - possibilidade de falta quando necessário às seções de exercício. Afirma (o TCLE) que os testes e os exercícios não causam risco à saúde, enquanto o projeto avalia que os riscos existem, ainda que mínimos, e que inclusive por conta dessa existência haverá acompanhamento das atividade por um

profissional competente. Ao final, não faz referência ao comitê de ética e não indica como as/os participantes poderão acessá-lo caso desejem.

Não há referência de onde será realizada a pesquisa (e da correspondente autorização institucional para tal).

Recomendações:

Atender aos aspectos problemáticos apontados no quadro acima e no da "apresentação do projeto" (primeiro quadro).

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

A pesquisa deve ser considerada aprovada eticamente após o atendimento das recomendações deste parecer.

Situação do Parecer:

Pendente

Necessita

Apreciação

o da

CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

-

SAO CARLOS, 28 de Maio de 2012

Assinado por:

Daniel Vendruscolo

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

	<p align="center">UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS</p> <p align="center">Departamento de Fisioterapia</p> <p align="center">Rod. Washington Luis, Km. 235</p> <p align="center">Caixa Postal 676 CEP 13565-905 - São Carlos - SP</p> <p align="center">TEL: 3351-8704</p>
---	---

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1.NOME:.....

DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº: SEXO: M F

DATA NASCIMENTO:/...../.....

ENDEREÇO: Nº: APTO:

BAIRRO:.....CIDADE:.....

CEP:.....TELEFONE:DDD(.....).....

DADOS SOBRE A PESQUISA

O Senhor (a), por ter idade superior a 60 anos está sendo convidado para participar da presente pesquisa, sendo que sua participação não é obrigatória.

Este estudo tem por objetivo verificar e comparar os efeitos agudos e crônicos de diferentes programas de atividade física e a não realização de atividade física sobre as condições de saúde de idosos sedentários e praticantes de atividade física, com idade igual ou acima de 60 anos e residentes do município de São Carlos-SP.

É importante estudar esse assunto porque há um aumento no número de pessoas com idade igual ou superior a 60 anos, necessitando aumentar os conhecimentos sobre quais programas de atividade física são mais benéficos para promoção de saúde desta população no Brasil.

O presente estudo será realizado na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)/ Departamento de Fisioterapia/ São Carlos-SP. A realização do mesmo foi autorizada pela instituição.

Os participantes irão comparecer ao laboratório durante sete dias não consecutivos.

Serão feitas avaliações de força muscular e flexibilidade, além da realização de exercícios de alongamento.

Os possíveis riscos desta pesquisa são mínimos e estão relacionados com os riscos decorrentes da prática de atividade física. Vale ressaltar que, para minimizar tais riscos, durante o período de avaliação os participantes do presente estudo serão acompanhados e monitorados por um profissional formado em Educação Física e Fisioterapia, devidamente registrados. Caso haja leve desconforto durante os testes ou exercícios, como cansaço e dor muscular, orientações para alívio destes serão dadas. Sua identidade será mantida em sigilo absoluto.

Os dados coletados nas avaliações serão utilizados apenas para fins científicos com a máxima confidencialidade e não serão cedidos a qualquer pessoa ou entidade alheia ao Protocolo, sob nenhuma circunstância. O nome dos participantes não será divulgado. Não há despesas pessoais e benefícios próprios, como seguro de saúde ou de vida e compensação financeira, para o participante.

É garantida a liberdade de retirada do consentimento de participar do estudo em qualquer momento, sem que isso gere qualquer prejuízo ao voluntário.

Os participantes poderão ter acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. O voluntário terá acesso ao nome do responsável pelo estudo para contato em caso de intercorrências. Seguem abaixo as informações.

Pesquisador responsável: Profa. Ms. Raquel Gonçalves

Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos

Telefone: (16) 3351-8704

E-mail: raquel_lafe@yahoo.com.br

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar. O pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar que funciona na Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, localizada na Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP - Brasil. Fone (16) 3351-8110. Endereço eletrônico: cephumanos@power.ufscar.br

Local: _____ Data: ____/____/____

Assinatura do voluntário

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido da respectiva pessoa para a participação no estudo.

Assinatura do pesquisador