

RAPHAEL FABRICIO DE SOUZA

**EFEITO CRÔNICO DO ALONGAMENTO
SOBRE A CAPACIDADE DE SUSTENTAR ESFORÇOS
PROLONGADOS**

RAPHAEL FABRICIO DE SOUZA

**EFEITO CRÔNICO DO ALONGAMENTO
SOBRE A CAPACIDADE DE SUSTENTAR ESFORÇOS
PROLONGADOS**

Dissertação de Mestrado apresentada
como pré-requisito parcial para a
obtenção do título de Mestre em
Educação Física, Departamento de
Educação Física, Setor de Ciências
Biológicas da Universidade Federal do
Paraná.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Anna Raquel Silveira Gomes

***A Deus, a minha esposa Aristela,
aos meus familiares, amigos e a todos
Profissionais de Saúde.***

AGRADECIMENTOS

Muitas foram as pessoas que, de uma forma direta ou indireta, contribuíram para a realização desta Dissertação. Algumas nem sabem, ou se sabem não imaginam, o valor da ajuda que prestaram!

Agradeço a Deus pela oportunidade do aprendizado, pela superação dos obstáculos, e direcionamento da caminhada e decisões. Pelo dom da vida, da saúde, da minha família e todos meus amigos.

Agradecimento Especial: A Profa Dra. Anna Raquel Silveira Gomes, exemplo de profissional, pessoa e amiga. Pela extrema organização e dedicação ao dom de ensinar, sempre presente não poupando atenção a todas as etapas. Pelas importantes orientações, confiança, incentivo, paciência, compreensão e ensinamentos valiosos que nunca mais esquecerei.

A minha família, pelo apoio, incentivo e acompanhamento das minhas atividades. Aos meus pais Valdemir e Maria que sempre apoiaram a minha formação me ensinando valores fundamentais para minha vida. Ao meu motivador e guerreiro irmão Rodrigo e a minha irmã e futura professora Aline por todo o apoio prestado.

A minha esposa Aristela pelo exemplo de companherismo, apoio e paciência nas várias noites de estudo. Seu total apoio foi como um pilar de sustentação nestes últimos anos.

Ao professor doutor André Rodacki pelos valiosos ensinamentos, correções, apoio no laboratório e equipamentos de pesquisa.

Ao professor doutor Jefferson Loss, por todo apoio e contribuições desde a qualificação.

Aos professores doutores Vera Israel, Clynton, Raul Osiecki e Fabio Serrão, pela colaboração e aprendizado que tive nas matérias.

Aos colegas de mestrado Julie, Valter, Bianca, Danni, Foppa, Elisangela, Talita, Ana, Tainá que sempre que possível me apoiaram nos estudos e trocas de experiências.

Aos futuros doutores Luciano e Barbara pelos auxílios e dicas de EMG.

Ao secretário do curso Daniel pelo apoio burocrático.

Ao Colégio Militar de Curitiba, a todos os integrantes que participaram desta pesquisa, e a todos os parceiros de trabalho que de várias formas contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa: Maj Kron, Cap Anderson Soares, Ten Camilo, Ten Latuf, Ten Juliana Halt, Ten Dinorah Tovar, Cb Talasca aos professores civis Paulo, Josiel, Wally, Sergio, Clovis, Fabiola, Marilin Obrigado!

A dificuldade é o aço estrutural na construção do caráter do homem.

Carlos Drummond de Andrade

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE TABELAS.....	VIII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	IX
RESUMO.....	XI
ABSTRACT.....	XII
1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos.....	15
1.1.1 Geral.....	15
1.1.2 Específicos.....	15
1.1.3 Hipóteses a serem testadas.....	15
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	16
2.1 Fadiga Muscular.....	16
2.2 Alongamento.....	19
2.3 Alongamento Crônico.....	22
2.4 Alongamento e Fadiga Muscular.....	24
3.METODOLOGIA.....	26
3.1 População e Amostra.....	26
3.2 Critérios de inclusão e exclusão.....	26
3.3 Teste de aptidão física.....	26
3.4 Teste de Thomas	27
3.5 Cálculo do tamanho da amostra.....	30
3.6 Protocolo de alongamento crônico.....	30
3.7 Exercícios de alongamento	31
3.8 Avaliação da Amplitude de movimento.....	32
3.9 Avaliação da Fadiga Muscular.....	33
3.9.1 Análise do sinal mecânico.....	33
3.9.1.1 Torque.....	36
3.9.2 Análise do sinal eletromiográfico.....	37
3.9.3 Sincronização de sistemas.....	39
3.10 Análise dos resultados.....	41
4. RESULTADOS.....	42
4.1 Dados antropométricos.....	42
4.2 Amplitude de Movimento.....	43
4.3 Pico de Torque isométrico de isquiotibiais.....	44
4.4 Índice de Fadiga isométrica.....	45
4.5 Área da fadiga isométrica de isquiotibiais.....	46
4.6 Pico de amplitude de EMG dos músculos bíceps femoral e semitendinoso....	47
5.DISCUSÃO	48
6.CONCLUSÃO.....	54
REFERÊNCIAS.....	55

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Análise da frequência domínio.....	17
FIGURA 2 - Curva tensão/comprimento.....	21
FIGURA 3 - Teste de Thomaz.....	27
FIGURA 4 - Designer da Pesquisa.....	29
FIGURA 5 - Alongamento.....	30
FIGURA 6 - Exercícios de Alongamento Estático.....	31
FIGURA 7 - Avaliação com Goniômetro Universal.....	33
FIGURA 8 - Posicionamento para Célula de Carga.....	34
FIGURA 9 - Índice de Fadiga.....	35
FIGURA 10 - Integração Numérica: regra dos trapézios.....	36
FIGURA 11 - Avaliação do torque de isquiotibiais.....	37
FIGURA 12 - Prova de Força.....	38
FIGURA 13 - Coleta sincronizada	39
FIGURA 14 - Esquema de sincronização	40
FIGURA 15 - Imagem de sincronização.....	41

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Tipos de alongamento.....	20
TABELA 2 – Dados antropométricos dos participantes.....	42
TABELA 3 – ADM de extensão de joelho.....	43
TABELA 4 – Pico de Torque isométrico de isquiotibiais.....	44
TABELA 5 – Índice de Fadiga Isomérica de Isquiotibiais.....	45
TABELA 6 – Impulso.....	46
TABELA 7 – Amplitude de EMG dos músculos bíceps femural e semitendinoso.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADM	Amplitude de Movimento
AV1	Avaliador 1
AV2	Avaliador 2
A/D	Analógico-digital
CCs	Companhia de Comando e Serviço
CMC	Colégio Militar de Curitiba
EMG	Eletromiografia
FNP	Facilitação neuromuscular proprioceptiva
FM	Frequência Mediana
F	Força
GA	Grupo alongamento
GC	Grupo controle
IF	Índice de Fadiga
IT	Integração Numérica
MMG	Mecanomiografia
Nm	Newton metros
Ppico	Pico máximo gerado pelo torque da contração isométrica
Pmínima	Pico mínimo gerado pelo torque da contração isométrica
RMS	Root Mean Square

r	Braço de alavanca (ou distância perpendicular)
1RM	Uma Repetição Máxima
T	Torque (momento de força)
TAF	Teste Aptidão Física

RESUMO

O objetivo deste estudo foi de avaliar o efeito crônico do alongamento sobre a capacidade de sustentar esforços prolongados. Trinta e oito voluntários foram divididos aleatoriamente em dois grupos: Grupo Alongamento (GA) (n=19) que realizou um protocolo de alongamento para os músculos ísquiotibiais, três vezes por semana, durante seis semanas e Grupo controle (GC) (n=19) que não realizou exercícios de alongamento, apenas participando das avaliações. O programa de alongamento foi composto por três exercícios de alongamento com 3 repetições de 30 segundos cada, totalizando 270 segundos. As avaliações foram realizadas antes e após 6 semanas. Foi avaliada a amplitude de movimento (ADM) de extensão do joelho, utilizando-se um goniômetro universal. A fadiga muscular foi induzida pela contração isométrica máxima dos músculos ísquiotibiais, durante 30 segundos, sendo analisados parâmetros elétricos e mecânicos. A resposta elétrica foi analisada pela eletromiografia de superfície utilizando-se dos parâmetros de pico de amplitude, dos músculos bíceps femoral e semitendinoso. As respostas mecânicas foram analisadas por uma célula de carga, na qual foi avaliado o índice de fadiga, como resultante do pico de torque máximo e mínimo, gerado pelos músculos flexores de joelho e pelo impulso resultante da área do gráfico torque x tempo. A análise estatística para os dados paramétricos foi realizada por meio da análise de variância (ANOVA) fatorial, *post hoc* Fisher. Para os dados não paramétricos foi utilizado o teste *Kruskal Wallis* e adotado um nível de significância de $p \leq 0,05$. O grupo alongamento (GA pós) apresentou ganhos de ADM comparado ao GC pós ($163 \pm 4^\circ$ vs $141 \pm 3^\circ$) ($p < 0,001$). Não houveram mudanças no índices de fadiga muscular, impulso, pico de torque e pico de amplitude de EMG. A realização crônica de exercícios de alongamento aumenta a ADM sem interferir na fadiga e no torque dos ísquiotibiais.

Palavras-chave: Exercícios de alongamento muscular; fadiga muscular; eletromiografia.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the chronic effect of stretching on the capacity to support prolonged efforts. Thirty-eight volunteers were randomly assigned into two groups: Stretching Group (SG, $n = 19$), in which the participants performed a stretching exercise program for the hamstring muscle, three times a week, for six weeks; and Control Group (CG, $n = 19$), the subjects did not practice stretching exercises, they only participated in the testing sessions. The stretching program was consisted by three different stretching exercises, performed in three repetitions of 30 seconds each, totalizing 270 seconds. The testing sessions were performed before and after 6 weeks. The Range of Motion (ROM) of the knee extension was evaluated by using a universal goniometer. Muscle fatigue was induced by a maximal isometric contraction of the hamstring muscles for 30 seconds, for analyzing electrical and mechanical parameters. The electrical response was analyzed by surface electromyographic (EMG) using the parameters of peak amplitude of biceps femoris and semitendinosus muscles. The mechanical responses were analyzed by a load cell, in which was assessed the fatigue index resulted by the maximum and minimum peak torque generated by the flexor muscles of the knee and by the resulting impulse of the area of torque vs. time graph. Statistical analyses for parametric data were performed by analysis of variance (ANOVA) factorial, *post hoc* Fisher. For the non parametric data were used the *Kruskal Wallis* Test and a significance level of $p \leq 0.05$ was adopted. The Stretching Group (SG post) showed gains of ROM in comparison to CG post ($163 \pm 4^\circ$ vs. $141 \pm 3^\circ$) ($p < 0,001$). There were no changes in muscle fatigue index, impulse, peak torque and peak amplitude of EMG. The chronic practice of stretching exercises improves the ROM without interfere in fatigue and torque of the hamstrings.

Keywords: Muscle stretching exercises; Muscle fatigue, Electromyography

1. INTRODUÇÃO

Exercícios de alongamento são comumente incluídos em programas de treinamento físico que objetivam ganhos de amplitude de movimento (ADM), melhora nos sintomas osteomusculares e na performance [DECOSTER et. al., 2005; MARAGONI, 2010; SHRIER, 2004].

Reduções sobre a força isométrica e dinâmica têm sido observadas imediatamente após o alongamento [CRAMER et. al., 2005; HERDA et. al., 2008; ROBBINS et. al., 2008; SHRIER, 2004], ou seja, parece existir um efeito agudo negativo. Por outro lado, quando os exercícios de alongamento são realizados regularmente (efeito crônico), aumentos na ADM são também acompanhados por melhorias na força muscular e na performance [KOKKONEN et. al., 2000; MAGNUSSON et. al., 1998; SHIRIER, 2004]. Portanto, os efeitos positivos de tais exercícios sobre a performance são relevantes para atividades que demandam elevada capacidade contrátil (força máxima).

Os efeitos crônico do alongamento na capacidade contrátil também podem afetar o mecanismo de fadiga muscular, alterando o desempenho, envolvendo processos sensoriais e motores (ENOKA & STUART, 1992). Mecanismos sensoriais adaptáveis pelo alongamento são observados nos mecanorreceptores ativados pela deformação articular e principalmente no feedback eferente das unidades motoras das fibras estriadas intrafusais-gama (LEE et. al., 2003). Estas fibras desempenham uma função motora, produzindo mudanças nas propriedades viscoelásticas do músculo, que quando afetadas pela fadiga contribuem para a inibição da excitabilidade do motoneurônio. Por outro lado, as ações motoras dependem da qualidade dos impulsos aferentes e eferentes com origem nas zonas periféricas (articulações e músculos), os quais podem apresentar deformações plásticas, decorrentes da prática regular do alongamento (WEPPLE & MAGNUSSON, 2010). Desta forma, melhorias sobre os mecanismos de acoplamento excitação-contração podem resultar em incrementos na força contrátil (ENOKA & STUART, 1992).

Estudos com animais têm reportado aumentos no número de sarcômeros em série, área de seção transversa (COUTINHO et. al., 2004; SECCHI et al., 2008), síntese protéica (GOLDSPINK et. al., 2002) e aumento na responsividade do fuso muscular, os quais provocam remodelamento das propriedades visco-elásticas das unidades músculo-tendíneas. Esta plasticidade pode causar melhoras na quantidade, duração, e velocidade da contração muscular (ENOKA & STUART, 1992), que podem aumentar a capacidade de um músculo sustentar esforços prolongados.

A fadiga muscular, decorre de falhas e diminuições na capacidade do sistema neuromuscular em gerar força (KELLIS et. al., 2009). Portanto, é importante entender os mecanismos associados aos processos de redução da performance a fim de estabelecer estratégias que possam retardá-la e/ou diminuí-la.

Não são conhecidos estudos que tenham investigado os efeitos crônicos do alongamento sobre a fadiga muscular. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de um protocolo crônico de alongamento sobre a capacidade do músculo em sustentar esforços prolongados.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Investigar o efeito crônico do alongamento sobre a capacidade dos músculos ísquiotibiais sustentarem esforços prolongados.

1.1.2 Objetivos Específicos

a) Analisar a influência do programa de alongamento crônico sobre o índice de fadiga muscular dos músculos ísquiotibiais.

b) Analisar a influência do programa de alongamento crônico no sinal eletromiográfico dos músculos bíceps femoral e semitendinoso.

c) Analisar o efeito do programa de alongamento no torque isométrico dos músculos ísquiotibiais.

d) Analisar o efeito do programa de alongamento na ADM dos músculos ísquiotibiais.

1.1.3 Hipóteses a serem testadas

H1) O alongamento crônico não modifica o índice de fadiga muscular dos músculos ísquiotibiais.

H2) O alongamento crônico aumenta o sinal neuromuscular após processo de fadiga muscular isométrica.

H3) O alongamento crônico aumenta o pico de torque dos músculos ísquiotibiais.

H4) O alongamento crônico aumenta a ADM dos músculos ísquiotibiais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. FADIGA MUSCULAR

A fadiga muscular apresenta-se como fator limitante nas atividades de vida diária, no trabalho e no esporte. A incapacidade do músculo esquelético gerar elevados níveis de força muscular, ou manter esses níveis ao longo do tempo, designa-se por fadiga muscular (ASCENSÃO et al., 2003). Outros autores a definem sendo qualquer redução da capacidade do sistema neuromuscular em gerar força, ou até mesmo por falhar na manutenção do desempenho, em atividade repetitiva e sustentada (KELLIS & KOUVELIOTI, 2009; SILVA et al., 2007; SILVA et al., 2006).

A fadiga muscular está acompanhada por um aumento do esforço em exercer uma força desejável e uma eventual incapacidade para produzir essa força (RIBEIRO & OLIVEIRA, 2008). Há redução na força muscular e na taxa de produção, na potência e na velocidade de contração muscular bem como nas propriedades mecânicas de uma maneira geral, aumentando o tempo de relaxamento musculares, evidenciado nas contrações isométricas e dinâmicas, no exercício máximo e sub-máximo (ESPOSITO et al., 2009, ASCENSÃO et al., 2003).

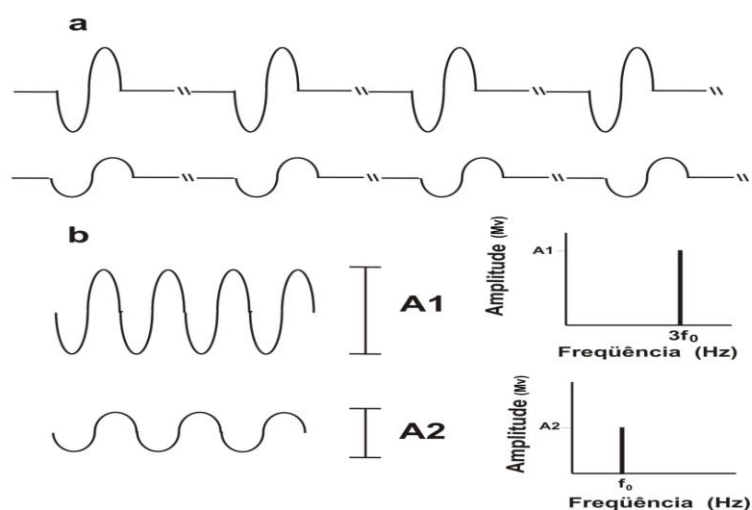
Segundo ENOKA (2000), dependendo das condições empregadas na atividade motora, podem ser sobrecarregados processos associados com o desempenho motor, que torna o músculo esquelético incapaz de gerar elevados níveis de força muscular ou manter esses níveis por um determinado tempo. O impulso neural, enviado pelo sistema nervoso central para o músculo, não é mantido e uma redução neste impulso central, pode ser um fator que contribui para o declínio de força.

Processos como a propagação neuromuscular, envolvidos na propagação do potencial de ação do axônio, liberação de acetilcolina na fenda sináptica e geração do potencial de ação no sarcolema, podem apresentar falhas nos diversos ramos de um axônio e na diminuição da sensibilidade da membrana pós-sináptica, com a instalação da fadiga muscular (ENOKA 2000). Desta maneira, algumas unidades motoras podem não ser recrutadas depois de uma contração fatigante.

Mudanças ocorridas nos potenciais de ação da membrana muscular, com a instalação do processo de fadiga, podem ser observadas por técnicas como a da eletromiografia de superfície, que capta a despolarização de uma unidade motora ativa (GERDLE, 2000).

Da associação entre eventos iônicos do sódio e potássio, através da membrana, resulta um espectro relativo aos potenciais de ações com variações de amplitude e frequência (ver figura 1). Este espectro traz informações relevantes ao processo de fadiga, podendo ser estudado em função do tempo e da frequência, na análise do domínio do tempo, ou seja, pela técnica de *Root Mean Square* (RMS) (HAGBERG, 1979; SILVA & GONÇALVES, 2003; GERDLE, 2000). Também pode ser analisada a domínio da frequência, onde é levado em consideração a frequência, sendo retirado o tempo (ver figura 1b). A medida que a velocidade de condução diminui, devido a instalação da fadiga, a duração do potencial de ação aumenta e seu conteúdo de frequência diminui, fazendo com que a frequência mude para valores mais baixos (GERDLE, 2000; ENOKA, 2000). Por outro lado, o sinal RMS apresenta parâmetros de amplitude que acompanham o desempenho da força até a fadiga (GERDLE, 2000).

FIGURA 1 - Análise da frequência domínio



Análise de frequência-domínio do potencial de ação de uma única unidade motora no começo e no fim de uma contração com fadiga: (a) trens de potencial de ação no começo (traço superior) e no fim (traço inferior) da contração com fadiga; (b) remoção do tempo entre sucessivos potenciais de ação para que pareçam funções periódicas que podem ser caracterizadas no domínio de frequência em um gráfico frequência x amplitude.

Fonte: Adaptado de ENOKA, 2000.

Devido às alterações nos impulsos nervosos e no desempenho neuromuscular nos músculos fadigados, tem sido investigada a origem da fadiga muscular (JACKSON et al., 2009, SILVA et al., 2006). Desta maneira, têm sido descritos dois tipos de etiologias para a fadiga muscular: uma central e periférica (ASCENSÃO et al., 2003) e outra apenas central (NOAKES et al., 2001)

A fadiga de origem periférica resulta em alterações da homeostasia no impulso neural; e a fadiga de origem central resulta de alterações do *input* neural que chega ao músculo, traduzida por uma redução progressiva da velocidade e frequência de condução do impulso voluntário aos motoneurônios, durante o exercício (ASCENSÃO et al., 2003; NOAKES et al., 2001, RIBEIRO & OLIVEIRA, 2008).

Apesar das evidências do sistema nervoso central se constituir o principal sítio de fadiga “governador central”, estudos apontam a periferia como um sítio alvo no processo de fadiga, pois são observados fatores metabólicos que impedem a produção de força muscular na periferia (NOAKES et al., 2004).

A presença da fadiga muscular, seja de natureza central, periférica ou de ambas, possui ampla repercussão, uma vez que as modificações que ocorrem na condução do estímulo nervoso e na placa motora provocam prejuízos no desempenho.

É importante salientar que fadiga muscular depende do tipo, da duração e intensidade do exercício, ou seja, quanto maior a intensidade e duração do exercício, mais rápido será o processo de fadiga (OLIVEIRA et al., 2009). Segundo BROOKS & FAULKNER (1991), a fadiga também depende da tipologia das fibras musculares recrutadas, fibras vermelhas são mais resistentes a fadiga muscular quando comparadas as brancas. Ainda, depende do nível de treinamento, sendo que, quanto mais treinado, melhor desempenho e mais resistente a fadiga.

Portanto, um treinamento físico resistido e aeróbico adequado é fundamental para a melhora da resistência à fadiga. No entanto, ainda não é conhecido se o treinamento regular com exercícios de alongamento poderia melhorar a força, atividade elétrica muscular e amplitude de movimento, retardando e/ou evitando a fadiga muscular.

2.2. ALONGAMENTO

O alongamento pode ser definido, segundo ALENCAR & MATIAS (2010), como a técnica utilizada para aumentar a extensibilidade músculo tendínea e do tecido conjuntivo periarticular, contribuindo para aumentar a flexibilidade.

Com a realização do exercício de alongamento, há uma melhora na flexibilidade. GAJDOSIK (2001) argumenta que clinicamente flexibilidade é a máxima amplitude articular e representa o maior comprimento muscular. Ela também pode ser definida como a capacidade articular da musculatura mover-se com fluidez em sua máxima amplitude de movimento (HEYWARD, 1984), podendo ser mensurada pela amplitude de movimento (ADM) (ALTER, 1999).

A ADM é um componente importante na avaliação física, pois identifica as limitações articulares, bem como permite aos profissionais acompanharem de modo quantitativo a eficácia das intervenções terapêuticas durante a reabilitação (BATISTA, et. al, 2006).

Diversos protocolos de alongamento são utilizados por educadores físicos e fisioterapeutas no intuito de melhorar a flexibilidade (SAINZ, P & AYALA, 2010; BANDY *et al*, 1997; CHAN et al., 2001). Os protocolos são organizados levando em consideração os efeitos (agudos ou crônicos) e técnicas.

Definem-se por efeitos agudos aqueles analisados e avaliados imediatamente após a realização do alongamento (KOKKONEN, et al., 1998, NELSON, et al., 2005), e por efeitos crônicos quando investigados e avaliados após uma prática regular (semanas ou meses) (KOKKONEN, et al., 2007, SAINZ , P. & AYALA, 2010).

Existem várias técnicas de exercícios de alongamento, sendo as principais: o alongamento estático, o alongamento balístico e o alongamento por facilitação neuromuscular proprioceptiva (FEBER et al., 2002; WALLIN et al., 1985)

TABELA 1 – Técnicas de alongamento.

Método	Descrição
Alongamento estático	O método estático é a realização de maneira gradativa e lenta do exercício de alongamento até o limite de desconforto e a posterior manutenção nesta postura, requer um consumo baixo de energia com diminuição do sofrimento muscular, favorecendo o relaxamento.
Alongamento balístico	O método balístico é caracterizado por movimentos realizados com velocidade mais alta e de forma ritmada, estimula o reflexo miotático através do aumento da tensão dos fusos musculares devido a velocidade e a força aplicada, aumentando risco de lesões.
Alongamento por facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP)	O método FNP atua no músculo através do sistema reflexo dos receptores musculares num exercício coordenado de contração e relaxamento muscular. Seus benefícios estão associados ao ganho de flexibilidade, equilíbrio das forças atuantes, melhoria na coordenação inter e intra musculares, circulação sanguínea e relaxamento.

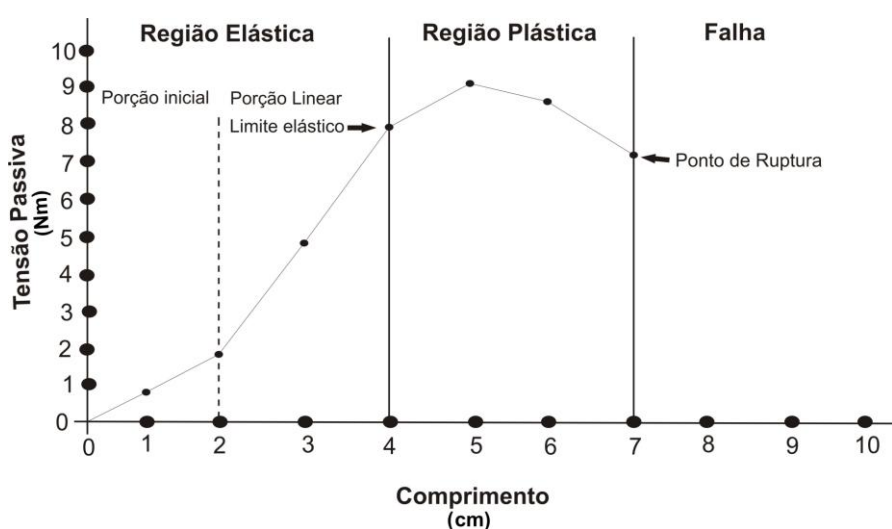
FEBER et al., 2002

A prática regular do exercício de alongamento, isto é, alongamento crônico, pode induzir adaptações musculares como o aumento na resistência passiva, na estocagem de energia elástica passiva e na amplitude de movimento (GAJDOSIK et al., 2005; CHAN et al., 2001).

Segundo WEPLER & MAGNUSSON (2010), as modificações musculares permanentes ocorrem quando a realização do alongamento atinge a região de deformação identificada como plástica ou permanente. Esta região está localizada logo após a região elástica (Figura 2). Portanto, a realização de protocolos agudos de alongamento estimulam apenas a região elástica, em minutos ou horas

o comprimento músculo-tendíneo retorna ao seu estado inicial (RYAN et al, 2008). No entanto, quando são realizados treinamentos com exercícios de alongamento, de forma crônica, com frequência semanal mínima de 2 vezes por semana, são induzidas adaptações duradouras (FRONTEIRA et al, 1999). Porém, estas adaptações podem ser diminuídas e/ou perdidas em 4 semanas de destreinamento (WILLY et al, 2001).

FIGURA 2 - Curva tensão/comprimento



Modelo da curva tensão / comprimento nas regiões elásticas, plásticas e ponto de ruptura de tecidos biológicos.

Fonte: Adaptado de WEPPLER e MAGNUSSON 2010.

As propriedades viscoelásticas das unidades musculotendíneas são responsáveis pelas mudanças e deformações elásticas e plásticas, como por exemplo: remodelamento de tecido conjuntivo muscular (endomísio, perimísio e epimísio) e nos tendões, aumento da síntese protéica e alterações na contratilidade de proteínas musculares (GAJDOSIK et al., 2005).

Tem sido encontrado em animais experimentais que as alterações viscoelásticas das unidades musculotendíneas, induzidas pelo exercício de alongamento, podem ser decorrentes do aumento do número de sarcômeros em séries nas fibras musculares (WEPPLER & MAGNUSSON 2010; COUTINHO et al., 2004; SECCHI et al., 2008). A partir destas mudanças, novos sarcômeros

podem ser acrescentados às extremidades das miofibrilas já existentes, gerando aumento no comprimento muscular (ALENCAR & MATIAS, 2010). A realização do alongamento também atuará como estimulador de reflexos que facilitam a habilidade do relaxamento neuromuscular, após o ganho de extensibilidade muscular (WEPPLER & MAGNUSSON, 2010).

Segundo WEPPLER & MAGNUSSON (2010), algumas teorias podem explicar o aumento da extensibilidade muscular: “Teoria mecânica” que envolve deformação plástica, deformação visco-elástica, aumento de sarcômeros em séries e relaxamento neuromuscular; “Teoria Sensorial” que envolve o aumento da extensibilidade muscular pela adaptação na percepção sensorial induzida pelo alongamento.

Embora diversos fatores sejam influenciados pela prática do exercício de alongamento suas principais adaptações devem-se principalmente da prática regular do exercício. Estudos têm demonstrado que o alongamento, realizado com regularidade, pode ampliar ganhos na performance muscular, como por exemplo na força muscular e na potência (KOKKONEN et al., 2007; SHRIER, 2004). Contudo, ainda há necessidade de mais investigações para um melhor conhecimento das respostas do alongamento, realizado de maneira crônica, nos mecanismos de fadiga muscular, bem como em outros aspectos da performance muscular.

2.3 ALONGAMENTO CRÔNICO

Não estão bem estabelecidas as adaptações musculares decorrentes da prática regular do exercício de alongamento em humanos. Mas de maneira geral, têm sido observadas melhoras na performance muscular, após protocolos de realização crônica (KOKKONEN et al., 2007; SHRIER, 2004).

FERREIRA et al. (2007) verificaram aumentos no ângulo do pico de torque e trabalho dos músculos flexores e extensores de joelho, após 30 sessões de alongamento estático, realizado 5 vezes por semana, durante 6 semanas, em jovens universitários de ambos os gêneros.

Em revisão SHRIER (2004) reporta que a realização crônica de exercícios de alongamento estático leva a aumentos na força e velocidade de contração, ao mesmo tempo, alongamentos agudos resultam em diminuição destes.

Ganhos na força muscular e na taxa de desenvolvimento foram encontrados por HANDEL et al. (1997), após 8 semanas de alongamento, nos músculos ísquiotibiais, usando a técnica de contração-relaxamento. Cada voluntário realizou uma contração com 70% da força máxima, na musculatura pesquisada (extensores e flexores de joelho), tendo 2 segundos de relaxamento, e, logo após, mais 15 segundos de alongamento passivo. O protocolo foi feito por 16 voluntários adultos jovens, 3 vezes por semana, totalizando 24 sessões. Por outro lado, LAROCHE et al. (2008) não observaram aumentos significativos no pico de torque, trabalho e taxa de desenvolvimento, tanto no alongamento estático como no balístico, realizados 3 vezes por semana, durante 4 semanas, em voluntários masculinos com idade de 18 a 60 anos.

No estudo de KOKKONEN et al. (2007), que avaliaram o efeito do treinamento com exercícios de alongamento, num período de 10 semanas, três vezes por semana, num total de 15 exercícios, com 3 repetições de 15 segundos, 40 minutos cada sessão, foram constatados aumentos: na flexibilidade (18,1%), na performance do salto vertical (6.7%), salto em distância (2.3%), 20m-sprint (1.3%), 1 RM (30.4%) e 60% RM (32.4%) em jovens universitários.

GAJDOSIK et al., (2005) investigaram os efeitos de um protocolo de alongamento estático, com 10 séries de 15 segundos, realizados 3 vezes por semana, durante oito semanas. Foram encontradas reduções no tempo de execução em testes envolvendo agilidade e caminhada rápida por 10 metros, quando comparado ao grupo controle, em mulheres acima de 65 anos.

Já na economia de corrida, não foram encontrados incrementos, após programa de 10 semanas de alongamento crônico em estudantes universitários (NELSON et al, 2001)

Portanto, alguns estudos envolvendo a prática do alongamento crônico, têm apresentado ganhos relacionados com a força muscular. Assim, é relevante a investigação de aspectos que possam influenciar na estratégia muscular, atuando como limitador ou desencadeador da fadiga muscular.

2.4 ALONGAMENTO E FADIGA MUSCULAR

As principais pesquisas sobre a influência do alongamento na fadiga muscular foram realizadas investigando os efeitos de protocolos agudos (ESPOSITO et al., 2009; NELSON et al., 2005; LAUR et al., 2003; HEUSER & PINCIVERO, 2010; ALLISON et al., 2008).

A queda no desempenho muscular, induzida pelo alongamento agudo, parece estar associada à inibições neuromusculares e diminuição da força contrátil e pode ter duração de até uma hora (MATIAS & ALENCAR, 2010).

Segundo SIATRAS et al., (2008) não estão claros todos os mecanismos responsáveis pela redução na produção de força provocada pelo alongamento agudo, contudo, a duração das séries de alongamento é um importante fator. No seu estudo, foram investigadas diferentes durações de alongamento, isto é, 10, 20, 30 e 60 segundos de alongamento estático, realizado previamente a produção de pico de torque do músculo quadríceps. Concluíram que a partir de 30 segundos de alongamento ocorre redução no pico de torque.

Da mesma forma ROBBINS & SCHEUERMANN, (2008) analisaram a quantidade de séries do alongamento agudo e suas influências na performance do salto vertical. No estudo, cada repetição teve duração de 15 segundos e foram avaliados 2, 4 e 6 repetições de alongamento antes do salto. A redução na performance foi obtida no grupo que realizou 6 repetições de alongamento ou 90 segundos. Segundo os autores, um dos fatores que contribuiu para o resultado, foi que uma maior quantidade de repetições acarretou em perda de aquecimento muscular, prejudicando a performance.

ESPOSITO et al., (2009) utilizaram avaliações com eletromiografia (EMG), mecanomiografia (MMG) e célula de carga, para verificar respostas agudas, de um protocolo que consistiu de exercícios de alongamento passivo, com 5 repetições de 45s e 15s de intervalo entre as séries, realizado imediatamente após um protocolo de fadiga, constituído de contínuos estímulos elétricos por 120s. Os resultados apontaram perdas no pico de torque e na taxa de desenvolvimento de força, não apresentando mudanças na resposta elétrica, quando comparado ao protocolo onde não foi realizado alongamento, apenas descanso.

NELSON et al., (2005) encontraram reduções na capacidade do músculo de resistir a contrações dinâmicas, em dois diferentes experimentos, após exercícios de alongamento (4 repetições de 30 segundos com 15 segundos de descanso entre as repetições, para os músculos flexores de joelho). O primeiro consistiu na análise da relação do alongamento agudo com o número de repetições de flexão de joelho, utilizando-se sobrecarga de 50% do peso corporal. Nesta foi encontrada redução de 28% nas repetições quando o exercício foi realizado após o protocolo de alongamento. Quando testou-se a sobrecarga de 60% do peso corporal, foi encontrada diminuição de 24% no número de repetições e 9% utilizando-se sobrecarga de 40% do peso corporal. Com a queda no número de repetições não respondendo linearmente a porcentagem de sobrecarga.

LAUR et al. (2003) avaliaram os efeitos agudos de 20s de alongamento, executados em 3 repetições, anteriormente a realização de exercícios de extensão de joelho, a 60% de 1 RM, até a fadiga muscular. Não foram encontradas diferenças significativas no número de repetições, quando comparou-se o grupo que não realizou alongamento (15 ± 2 repetições) com o que realizou o protocolo de alongamento ($14,5 \pm 3$ repetições), bem como não foram encontradas diferenças entre os gêneros.

No mesmo estudo, após 7 dias do teste descrito acima, os autores inverteram os grupos e realizaram o mesmo protocolo. Foi encontrado aumento no número de repetições em ambos os grupos, comparado aos resultados do teste anterior, sem diferenças entre os grupos. Os autores atribuem este achado como resultado da aprendizagem dos voluntários.

Da mesma maneira, HEUSER & PINCIVERO (2010) quando testaram a resposta aguda do alongamento, num protocolo de 10 repetições de 30 segundos, com intervalo de 15 segundos entre as repetições, não obtiveram aumento no número de repetições sub-máximas até a fadiga, com carga de 50% do peso corporal, em exercícios de flexão de joelho.

Assim, não estão bem definidos os efeitos do alongamento na fadiga muscular, e ainda não foi investigado o efeito do alongamento realizado de maneira crônica sobre a fadiga muscular.

3. METODOLOGIA

3.1 POPULAÇÃO E AMOSTRA

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná – UFPR (CAAE-0141.0.091.091-11) e realizado na Companhia de Comando e Serviço do Colégio Militar de Curitiba (CCSv). Todos os participantes e o responsável pela instituição foram informados sobre os objetivos e procedimentos do estudo. Os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, conforme resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (CNS) (APENDICE A).

3.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Foram incluídos neste estudo recrutas com 18 anos, que não estivessem no período básico de treinamento militar, que apresentaram menção Bom ou Regular no teste aptidão física militar (TAF) e não envolvidos em atividades com sobrecargas ou exercícios de alongamento.

Foram excluídos voluntários que relataram algum tipo de fratura ou lesão nos membros inferiores nos 6 meses antecedentes a pesquisa, que apresentaram retração muscular nos flexores de quadril uni e bi articulares, avaliados pelo teste de Thomas (Figura 3).

3.3 TESTE DE APTIDÃO FÍSICA

Para participação na pesquisa, todos os indivíduos realizaram um teste aptidão física (TAF), conforme as diretrizes para o treinamento físico militar do exército e sua avaliação (anexo D), que conceitua e expressa o desempenho físico individual com provas de corrida, abdominal, flexão de barra e solo, resultando nas seguintes menções: E- Excelente, MB – Muito Bom, B – Bom, R – Regular, I – Insuficiente.

Este teste leva em consideração a idade do voluntário e é constituído por prova de corrida por 12 minutos, abdominais, barra e flexão de solo.

3.4 TESTE DE THOMAS

FIGURA 3 – Teste de Thomas



Para a realização do teste de Thomas o sujeito permaneceu em decúbito dorsal, com a coluna lombar e o sacro contra a maca, a região posterior da coxa a ser avaliada deveria tocar a maca, com o quadril estendido e o joelho fletido a aproximadamente 80°.

Fonte: Adaptado de KENDALL et al., 1995.

Para a realização do teste de Thomas o sujeito permaneceu em decúbito dorsal, com a coluna lombar e o sacro contra a maca, a região posterior da coxa a ser avaliada deveria tocar a maca, com o quadril estendido e o joelho fletido a aproximadamente 80°. O quadril do membro inferior não avaliado permaneceu flexionado a aproximadamente 125°. O grau de encurtamento foi dado pela análise do ângulo das articulações do quadril e do joelho. Valores de flexão de joelho inferiores a 80° indicaram encurtamento dos músculos flexores de quadril bi-articulares. Quando a região posterior da coxa não tocava a mesa, a angulação apresentada pela flexão de quadril indicou o grau de encurtamento dos músculos flexores de quadril uniarticulares (KENDALL et al., 1995).

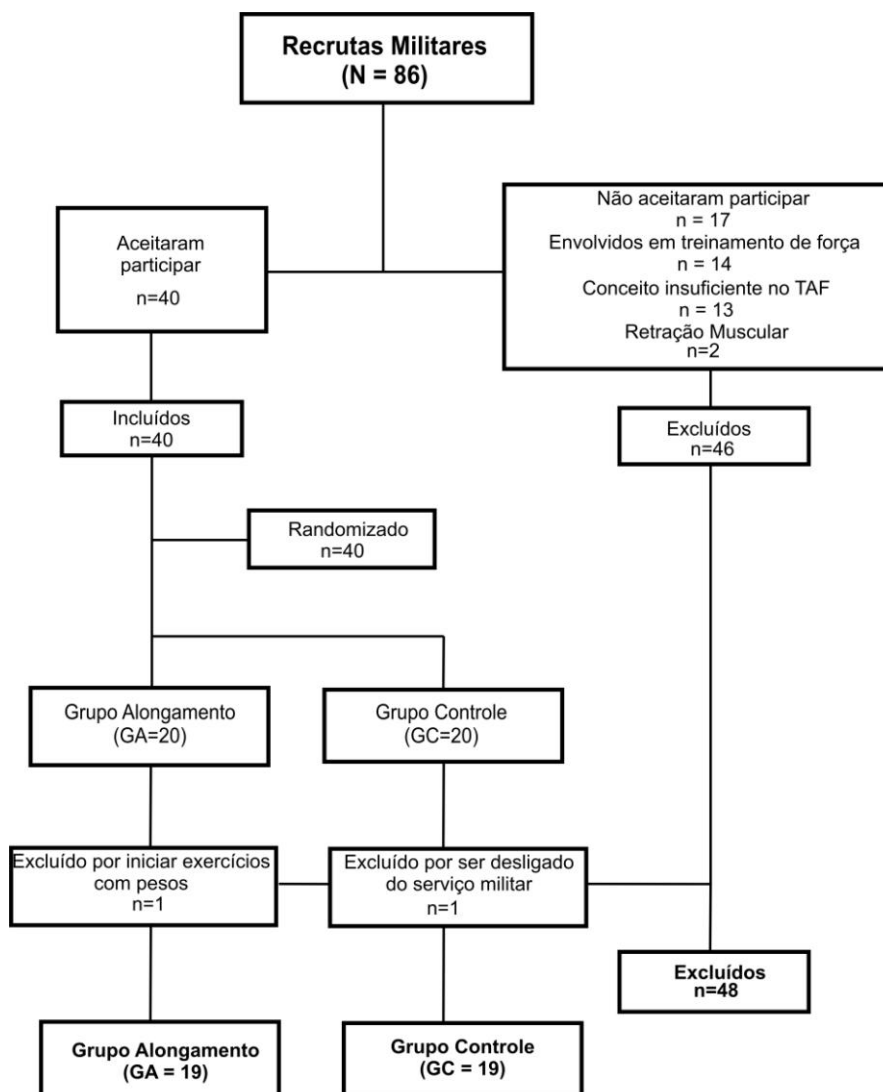
A CCSv incorporou durante o ano de 2011, 86 soldados recrutas para o serviço militar obrigatório. Todos os recrutas foram convidados voluntariamente para participarem da pesquisa, no qual 17 não aceitaram, 14 estavam envolvidos em programas de exercício físico, 2 apresentaram retração muscular de flexores de quadril, 13 não apresentaram conceito Regular ou Bom no teste aptidão físico (TAF).

Assim, depois de realizadas avaliações físicas e analisados os critérios de inclusão e exclusão deste estudo, 40 soldados aceitaram participar da pesquisa.

Os voluntários (n=40) foram randomizados e distribuídos em dois grupos: Alongamento (GA) e Controle (GC). Esta distribuição foi feita conforme tabela de números aleatórios proposta por THOMAS et al., (2005). Tal técnica consiste numa tabela disposta de dezenas de números aleatórios onde, após organização dos voluntários, num intervalo de 1 a 40, estes foram classificados nos grupos, seguindo a ordem da tabela. O Grupo de Alongamento (GA, n=20) – realizou o protocolo de alongamento crônico nos músculos ísquiotibiais 3 vezes por semana, por 06 semanas. O Grupo Controle (GC, n=20) – participou de todas as avaliações, mas não realizou o protocolo de alongamento crônico durante o período da pesquisa. Em todas as avaliações dos participantes, foi questionado sobre a prática de atividades físicas ou exercícios físicos. Assim, o sujeito que iniciou qualquer tipo de atividade física ou exercício físico, durante o estudo, foi excluído.

Dois voluntários, um do grupo alongamento (GA, n=19) e um do grupo controle (GC, n=19) foram excluídos no decorrer do estudo. O primeiro por começar a participar de programa de musculação após o início da pesquisa e o segundo por ser desligado do serviço militar. O desenho do estudo está demonstrado na Figura 04.

Assim, participaram integralmente deste estudo 38 soldados recrutas (GC=19 e GA=19; $18,3 \pm 0,5$ anos; $72,6 \pm 7,2$ kg; $175,0 \pm 0,07$ cm), que serviram na Companhia de Comando e Serviço do Colégio Militar de Curitiba (CCSv).

FIGURA 4 - Designer da Pesquisa

Quarenta soldados recrutas foram randomizados para o grupo alongamento (GA, $n = 20$) e para o grupo controle (GC, $n = 20$). O número total de participantes que completaram o estudo foi 38.

3.5 CÁLCULO DO TAMANHO DA AMOSTRA

O cálculo amostral foi realizado *a priori*, mediante a utilização do programa G*Power v.3.0. (FAUL, et al 2007). A amostra de 20 sujeitos em cada grupo permitiu identificar o tamanho do efeito igual ou superior a 0,429 (ANOVA fator duplo), considerando um nível de significância de 5%, poder amostral de 80%.

3.6 PROTOCOLO DE ALONGAMENTO CRÔNICO

Os sujeitos do GA realizaram alongamentos estáticos para os músculos ísquiotibiais, 3 vezes por semana, por 6 semanas. Cada alongamento foi realizado de maneira gradativa e lenta, até o limiar de desconforto e mantidos na posição por 30 segundos, sendo repetidos por 3 vezes. Foi dado um intervalo de 10 segundos entre cada repetição (BANDY *et al.*, 1997).

FIGURA 5 - Alongamento



Alongamento estático dos músculos ísquiotibiais, em pé, sem assistência, realizado com os soldados recrutas durante a pesquisa.

3.7 EXERCÍCIOS DE ALONGAMENTO

Os voluntários realizaram 3 tipos de alongamentos para os músculos ísquiotibiais (bíceps femoral, semitendinoso e semimembranoso), similares aos utilizados por HERDA et al., (2008).

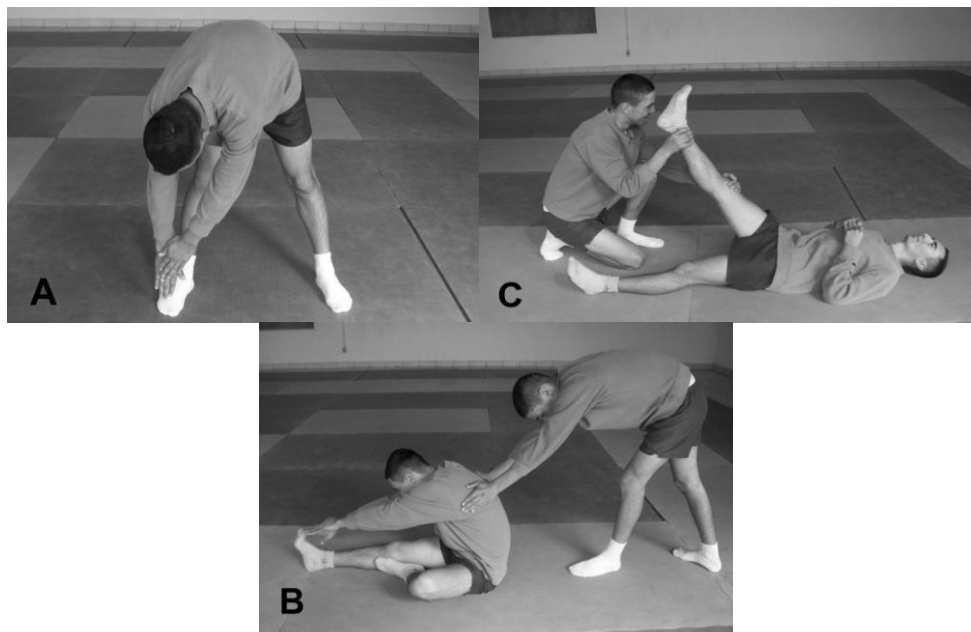
Alongamento 1 - o sujeito permaneceu em pé, com os pés apoiados no solo e apontados para frente (Figura 6A). Sem rotação ou flexão do joelho, devendo flexionar o tronco anteriormente e levar as mãos, com o cotovelo estendido, em direção ao pé direito até o limiar de desconforto na região posterior da coxa. Logo após foi realizado o mesmo movimento em direção ao pé esquerdo. Cada movimento foi mantido por 30 segundos e repetido 3 vezes.

Alongamento 2 – o sujeito permaneceu sentado, com a perna direita estendida e a esquerda flexionada e abduzida ao lado do corpo (Figura 6B). Sem rotação ou flexão do joelho direito, devendo flexionar o tronco e levar as mãos, com o cotovelo estendido, em direção ao pé direito, até o limiar de desconforto na região posterior da coxa. Logo após, foi realizado o mesmo movimento com a perna esquerda. Cada movimento foi mantido por 30s segundos repetindo-se 3 vezes.

Alongamento 3 – o indivíduo permaneceu deitado em decúbito dorsal (Figura 6C). O quadril direito foi flexionado, sem rotação ou flexão do joelho, tornozelo mantido em dorsiflexão, até o limiar de desconforto na região posterior da coxa. Logo após foi realizado o movimento com a perna esquerda. Cada movimento foi mantido por 30 segundos e repetido 3 vezes.

Os alongamentos 2 e 3 foram realizados com assistência. Ao atingir o limiar de desconforto na região posterior da coxa, iniciou-se a contagem do tempo através de um cronometro (*Vollo Stopwatch CG501*).

FIGURA 6 - Exercícios de Alongamento Estático



(A) Exercício de Alongamento estático dos músculos ísquiotibiais, em pé, sem assistência, (B) exercício de alongamento estático dos músculos ísquiotibiais, sentado com assistência, (C) exercício de alongamento estático dos músculos ísquiotibiais, em decúbito dorsal, com assistência.

Fonte: Adaptado de Herda et al., 2008.

3.8 AVALIAÇÃO DA AMPLITUDE DE MOVIMENTO

A avaliação da amplitude de movimento (ADM) foi realizada antes da aplicação do protocolo de alongamento crônico e 6 semanas após, conforme modelo proposto por BATISTA et al., (2006). Deste modo, o sujeito deitado em decúbito dorsal, o quadril e o joelho do membro dominante foram fletidos a 90° passivamente e o pé mantido relaxado. A partir desta posição, o joelho foi passivamente e lentamente estendido por um avaliador (AV1), enquanto um outro avaliador (AV2) certificou de que a pelve estava em posição neutra. Foi utilizada uma almofada, para manter a pelve em posição neutra. O sujeito foi orientado a relaxar durante a avaliação, principalmente quando seu joelho estivesse sendo estendido, e relatar o momento em que sentisse o início da tensão nos músculos flexores do joelho, que foi considerado a posição final (Figura 7). Atingida esta posição, o AV1 mensurou o grau de encurtamento dos flexores do joelho, ou seja, a ADM de extensão do joelho, com o goniômetro universal (*Dysport*). A extensão completa do joelho foi considerada 0° e foi utilizada como referência, para o

cálculo do grau de limitação da extensão articular do joelho. Para a medida da ADM do joelho de cada indivíduo, foram realizadas três mensurações, sendo utilizada a média aritmética das três mensurações como medida final.

FIGURA 7 – Avaliação com goniômetro universal



Avaliação da ADM do joelho com o goniômetro universal (indicado com a seta branca), que mostra a amplitude de extensão do joelho. A mensuração foi realizada quando o indivíduo relatou o início de tensão na região posterior da coxa. Almofada (*) utilizada em indivíduos com encurtamento nos flexores do quadril do membro contralateral, para manter a pelve em posição neutra.

Fonte: Adaptado de BATISTA et. al.,2006.

3.9 AVALIAÇÃO DA FADIGA MUSCULAR

A avaliação da fadiga muscular foi realizada no membro dominante antes e após 6 semanas, utilizando-se de duas análises de respostas musculares: análise dos sinais mecânicos e análise elétrica. Foi questionado para cada sujeito se este era destro ou sinistro. Desta forma o membro inferior direito foi testado nos sujeitos destros e o esquerdo nos sinistros.

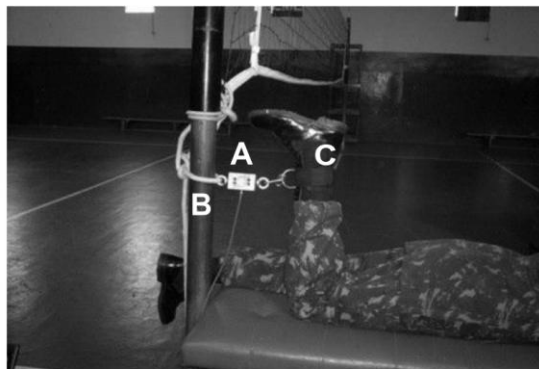
3.9.1 Análise do sinal mecânico

A resposta mecânica foi aferida utilizando-se de uma célula de carga (*Kratos, modelo CZC500*), constituída de componentes sensíveis aos esforços de tração, um conjunto de correias de fixação, uma placa conversora A/D (*National Instruments, modelo NI USB 6218*) e um amplificador (*Kratos, modelo IK- 1C*), conectados a um computador.

Foi avaliado o Índice de Fadiga (IF) (TERRERI et al., 2001) dos músculos

ísquiotibiais do membro dominante com a célula de carga, disposta perpendicularmente, tanto entre a barra de ferro fixada à parede quanto ao eixo longitudinal da tíbia dos sujeitos, de modo a resistir à flexão da articulação do joelho, fixada em 90°, conforme disposição adotada por BENTO et. al., 2010, (Figura 8).

FIGURA 8 – Posicionamento para Célula de Carga



Célula de carga (A) disposta perpendicularmente (ângulo reto) tanto entre a barra de ferro (B) como ao eixo longitudinal da tíbia dos sujeitos de modo a resistir à flexão da articulação do joelho fixada em 90 graus. A célula de carga foi fixada na articulação (C) do tornozelo no sentido contrário ao movimento.

Fonte: Adaptado de BENTO et. al., 2010.

O teste foi realizado com o sujeito deitado em decúbito ventral, com a célula de carga fixa na articulação do tornozelo no sentido contrário ao movimento. Foi realizada a medida do comprimento da perna (linha articular do joelho até o maléolo lateral ponto de fixação da célula de carga) do sujeito, para o cálculo do torque. O sujeito foi instruído a realizar uma contração o mais rápido e forte possível e depois mantê-la por 30 segundos.

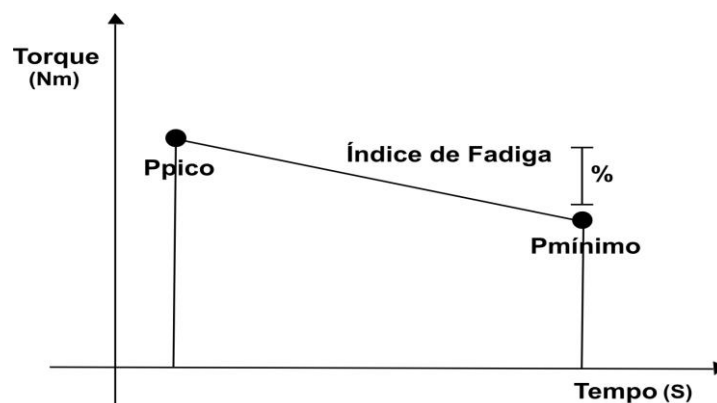
Foi realizada uma sessão para a familiarização, visando treinar os testes, 7 dias antes da avaliação definitiva. Para a familiarização, foi colocado ao lado do voluntário, um monitor em sincronia ao computador que estava conectado a célula de carga. Desta maneira, o voluntário teve um *feedback* visual do gráfico formado após a realização de algumas contrações isométricas, similares ao protocolo de avaliação proposto. O objetivo da familiarização foi para que os voluntários aprendessem a execução correta do movimento. O gráfico formado, produto da contração máxima isométrica voluntária, tinha que apresentar uma curva única do

movimento e mantida por 30 segundos, devendo ser evitado o relaxamento muscular ou novas contrações musculares, que pudessem resultar em outros picos de força no decorrer da coleta.

Cada voluntário realizou antes das coletas e dos exercícios de alongamento um aquecimento de 5 minutos na bicicleta ergométrica, sem sobrecarga com 50 a 65% da Frequência Cardíaca Máxima.

A primeira verificação do índice de fadiga (IF) mecânica foi determinada pela utilização da equação: $IF = (P_{\text{pico}} - P_{\text{mínimo}}) \times 100 / P_{\text{pico}}$. Sendo o P_{pico} igual ao pico máximo gerado pelo torque da contração isométrica e o $P_{\text{mínimo}}$ ao pico mínimo da contração isométrica, no final dos 30 segundos (MOHR et al., 2010; TERRERI et al., 2001).

FIGURA 9 – Índice de fadiga

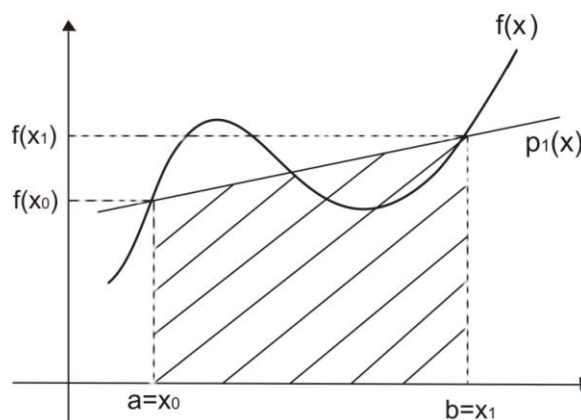


Sendo o P_{pico} igual ao pico máximo gerado pelo torque da contração isométrica e o $P_{\text{mínimo}}$ ao pico mínimo da contração isométrica, no final dos 30 segundos

Fonte: Adaptado de TERRERI et al., 2001.

A segunda verificação da fadiga mecânica foi determinada pelo impulso calculado pela área do gráfico torque x tempo, resultante da contração isométrica realizada em 30 segundos. Este cálculo foi realizado conforme RUGGIERO & LOPES, (1988), pela integração numérica(IT), utilizando-se da regra dos trapézios: $IT = h/2 \{f(x_0) + f(x_1)\}$, que é a área do trapézio de altura $h = x_1 - x_0$ e bases $f(x_0)$ e $f(x_1)$.

FIGURA 10 – Integração numérica: regra dos trapézios



Cálculo do impulso, verificado pela área do trapézio de altura $h = x_1 - x_0$ e bases $f(x_0)$ e $f(x_1)$, resultante da contração isométrica, realizada em 30 segundos.

Fonte: Adaptado de RUGGIERO e LOPES, 1988.

Utilizando-se de duas verificações, uma complementou a outra, nas análises do comportamento gráfico, gerado pela coleta da fadiga isométrica. A primeira verificação identificou o percentual de queda de força, comparando a máxima força inicial e final, não levando em consideração o conteúdo avaliado durante o período de avaliação. O conteúdo foi observado na segunda verificação.

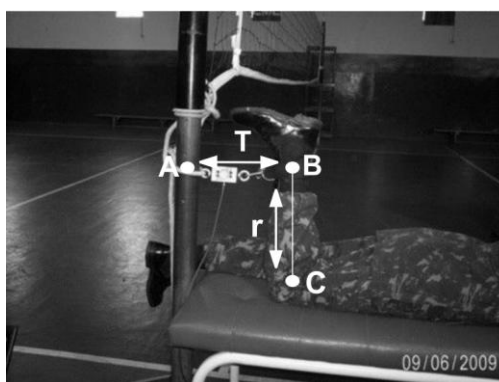
3.9.1.1 Torque

Para avaliar a fadiga pelo declínio da força, verificada pela célula de carga, foi utilizado o torque ou momento de força, pois o efeito do giro, não dependia apenas da força exercida, mas também da distância entre o local de ação da

força até o eixo rotação, ou seja, o ponto no qual o objeto tende a rodar (figura 11).

Desta maneira, o torque foi a resultante da força produzida pelos músculos ísquiotibiais, que realizaram a flexão do joelho isometricamente, tendo como eixo a articulação do joelho, multiplicado ao braço de alavanca, constituído pela medida do comprimento da perna (linha articular do joelho até o maléolo lateral-ponto de fixação da célula de carga).

FIGURA 11 – Avaliação do torque de isquiotibiais



T = torque; r = braço de alavanca (B-C); A = ponto fixo da célula de carga na barra de ferro; B = ponto fixo da célula de carga na articulação do tornozelo; C = Eixo de rotação (articulação do joelho).

Fonte: Adaptado de BENTO et. al., 2010.

3.9.2 Análise do sinal eletromiográfico

Para captação do sinal eletromiográfico foram observadas as recomendações da associação Européia de Eletromiografia de superfície *Surface EMG for a Non-invasive assessment of muscles* - SENIAM (HERMES, et al 2000). Foram fixados no membro dominante eletrodos de superfície, bipolares, cobertos com adesivo acrílico hipoalergênico em uma das faces e laminado com fita de polipropileno impresso na outra face; gel composto por polímeros sintéticos hidrofílicos, pino metálico de aço e contra-pino de polímero, recoberto com tratamento de Ag/AgCl, com área de captação de 1cm de diâmetro, área total de 3cm de largura e 3,3cm de comprimento, sendo que os mesmos foram

posicionados aos pares e em paralelo, em relação à direção das fibras, no ventre dos músculos bíceps femoral e semitendinoso, do membro dominante do avaliado, com distância entre os eletrodos de 20mm (de centro a centro).

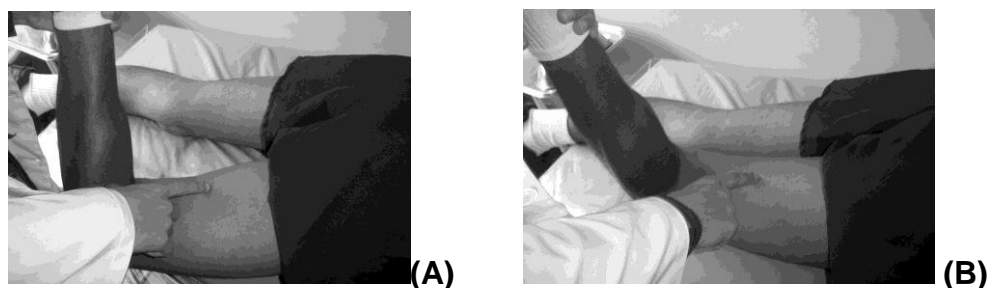
Para diminuir possíveis interferências na aquisição do sinal EMG, foi realizada a tricotomia e limpeza da pele com álcool a 70%, no local determinado sobre os músculos, e um eletrodo referencial no punho do lado correspondente ao membro inferior dominante.

Para a identificação dos músculos de fixação dos eletrodos do eletromiógrafo foram realizados duas provas de força muscular, visando isolar os músculos bíceps femoral e semitendinoso.

A prova de força para identificação do músculo semitendinoso foi feita com o sujeito em decúbito ventral. O examinador segurou a coxa firmemente sobre a mesa e solicitou a flexão do joelho entre 50° e 70°, com a coxa em rotação medial e a perna rodada medialmente sobre a coxa. A prova de força do músculo bíceps femoral, foi realizada da mesma maneira, contudo o examinador colocou a perna do avaliado em leve rotação lateral (KENDALL et al., 1995).

Após a localização dos músculos bíceps femoral e semitendinoso, os eletrodos de superfície foram fixados entre o ponto motor e o tendão distal de cada músculo, conforme o SENIAN (HERMES, et al 2000). Para o reteste foi identificado o local de fixação dos eletrodos com uma caneta tipo rena.

FIGURA 12 – Provas de força



Para a identificação dos músculos de fixação dos eletrodos do eletromiógrafo foram realizadas duas provas de força muscular, visando isolar os músculos bíceps femoral (A) e semitendinoso (B).

Fonte: Adaptado de KENDALL et al., 1995.

Para a aquisição do registro eletromiográfico (EMG) foi estabelecida a frequência de amostragem de 1000Hz, utilizando-se um módulo de aquisição de sinais biológicos (*Noraxon*) de quatro canais, os quais foram conectados os eletrodos, calibrados com ganho de 1000 vezes, filtro de passa alta de 20Hz e filtro de passa baixa de 500Hz. A conversão dos sinais analógicos para digitais foram realizados por uma placa USB A/D, com faixa de entrada de -5 a +5 Volts, e para a aquisição e posterior análise dos sinais por um “software” específico *MyoResearch XP* sendo observado o pico de amplitude dos músculos bíceps femoral e semitendinoso (SILVA & GONÇALVES, 2003; PATIKAS, et al 2002; ENOKA, 2000).

3.9.3 Sincronização dos sistemas

Ambos os sinais, elétrico e mecânico, foram captados simultaneamente utilizando-se de um sincronizador, que dispara um pulso comum para ambos os sistemas *MyoResearch XP* e *LabVIEW*, dos aparelhos utilizados para captar o sinal da EMG e Célula de Carga, respectivamente.

FIGURA 13 – Coleta sincronizada



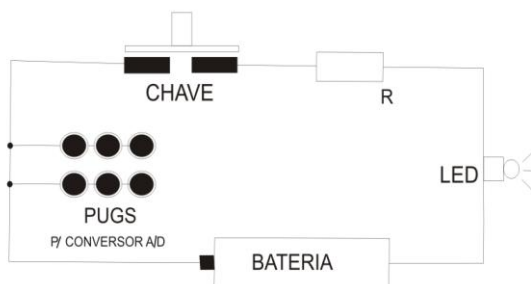
Coleta sincronizada: (A) célula de carga e (B) Eletrodos de superfície para EMG.

Fonte: Adaptado de ESPOSITO et. al., 2009.

O método de sincronização consistiu de uma bateria de 1,5 Volts comum pequena, um resistor, um *led* (pequena lâmpada), uma chave de simples contato,

plugs para ligação com os cartões de conversor analógico-digital e fios de conexão, como mostra esquematicamente a figura 14.

FIGURA 14 – Esquema de sincronização



Esquema de sincronização entre sistemas de Eletromiografia e Célula de carga

Fonte: Adaptado de ESPOSITO et. al., 2009.

O acionamento foi feito pelo avaliador. Ao pressionar a chave ocorreu simultaneamente uma mudança no nível de sinal lido pelo conversor A/D do eletromiógrafo e da Célula de Carga. Em ambos os sistemas apareceram nitidamente o momento que iniciou a sincronização nos canais configurados.

FIGURA 15 – Imagem de sincronização

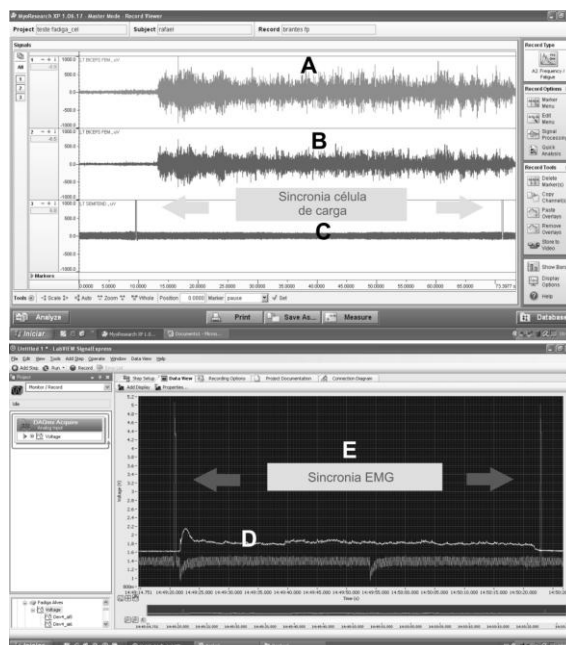


Imagem ilustrativa dos programas de captação dos sinais de eletromiografia e célula de carga com destaque nos canais de sincronia: (A) Canal de EMG bíceps femoral, (B) Canal de EMG semitendinoso, (C) Canal de sincronia com célula de carga, (D) Canal de Torque, (E) Canal de sincronia com EMG.

Fonte: O autor

Foram analisados os picos de amplitude dos dados adquiridos do EMG, após devidamente retificados e integrados no próprio sistema de origem. Os dados adquiridos da Célula de carga foram exportados em formato xls e em seguida analisados no software *Matlab*.

3.10 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Foram considerados paramétricos os resultados que apresentaram normalidade e homogeneidade, avaliadas com os testes de *Shapiro-Wilk* e *Levene*, respectivamente. Para os resultados paramétricos foi realizada a análise de variância (ANOVA fator duplo), seguida pelo *post hoc Fisher*. Os resultados não paramétricos foram comparados por meio do teste *Kruskal Wallis*.

Foi utilizado o software *STATISTICA* (versão 7.0 ®) para todas as análises estatísticas e adotado um nível de significância de 5% ($p > 0.05$).

4. RESULTADOS

4.1 DADOS ANTROPOMÉTRICOS DOS PARTICIPANTES

Os dados antropométricos dos participantes da pesquisa apresentaram distribuição normal e homogênea ($p>0,05$, *Shapiro-Wilk*; $p>0,05$, *Levene*), respectivamente.

TABELA 02- DADOS ANTROPOMÉTRICOS DOS PARTICIPANTES.

	Grupos	Pré Intervenção	Pós Intervenção	Normalidade		Homogeneidade	
				pré	pós	pré	pós
Idade (anos)	GC	18.3±0.5	18.3±0.5	----	----	----	----
	GA	18.3±0.7	18.3±0.7	----	----	----	----
Altura (cm)	GC	1.75±0.07	1.75±0.07	p=0.5	p=0.4	p=0.5	p=0.6
	GA	1.76±0.07	1.76±0.07				
Peso (kg)	GC	72.6±7.2	72.73±7.2	p=0.5	p=0.4	p=0.9	p=0.9
	GA	72.6±8	72.78±7.8				

Os resultados são médias ± DP. GA: grupo submetido ao alongamento. GC: Grupo controle.

4.2 AMPLITUDE DE MOVIMENTO (ADM)

Os valores de ADM de extensão de joelho pré intervenção, em ambos os grupos, apresentaram homogeneidade e normalidade ($p>0,05$, *Levene*; $p>0,05$, *Shapiro Wilk*, respectivamente). No entanto, após 6 semanas, em ambos os grupos os valores de ADM foram homogêneos ($p=0,165518$, *Levene*) porém sem distribuição normal ($p=0,00194$, *Shapiro Wilk*). Desta forma, estes resultados foram considerados não paramétricos, sendo avaliados por meio do teste *Kruskal Wallis*.

A ADM do GA pós foi maior quando comparado ao: GA pré (163 ± 4^0 vs 139 ± 5^0 , $p=0,001$, *Kruskal Wallis*) e GC pós (163 ± 4^0 vs 141 ± 3^0 , $p=0,001$, *Kruskal Wallis*). Os resultados estão apresentados na tabela 3.

TABELA 03- ADM de extensão de joelho

Grupos	PRÉ	PÓS	Intragrupo	Intergrupos
GC	$139,6\pm4,4^0$	$141,6\pm3,80^0$	$p=0,20$	$p=0,90$
GA	$139,5\pm5,93^0$	$163,5\pm4,50^{0*}$	$p<0,001$	$p<0,001$

Os resultados são média \pm desvio padrão. GC: Grupo controle; GA: Grupo alongamento. $*p=0,0001$, *Kruskal Wallis*) quando comparado ao GA pré e GC pós. PRÉ: avaliação antes das 6 semanas; PÓS: avaliação após 6 semanas. Intragrupo: comparação com o mesmo grupo nas condições pré e pós. Intergrupos: comparação entre os grupos na condição pós.

4.3 PICO DE TORQUE ISOMÉTRICO DE ÍSQUIOTIBIAIS

Os resultados do pico de torque isométrico de ísquiotibiais pré e pós apresentaram homogeneidade e normalidade ($p>0,05$, Levene; $p>0,05$, Shapiro Wilk, respectivamente). Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ($p>0,05$, ANOVA, *post hoc* Fisher). Os resultados estão descritos na tabela 4.

TABELA 04- PICO DE TORQUE ISOMÉTRICO DE ISQUIOTIBIAIS

Grupos	PRÉ (Nm)	PÓS (Nm)	Intragrupo	Intergrupos
GC	20,9±5.92	20,7±5,57	p=0,90	p=0,30
GA	18,7±6.95	20,0±7,64	p=0,50	p=0,70

Os resultados são média ± desvio padrão. GC: Grupo controle; GA: Grupo alongamento. PRÉ: avaliação antes das 6 semanas; PÓS: avaliação após 6 semanas. Intragrupo: comparação com o mesmo grupo nas condições pré e pós. Intergrupos: comparação entre os grupos na condição pós.

4.4 ÍNDICE DE FADIGA ISOMÉTRICA DE ISQUIOTIBIAIS

Os resultados pré e pós, em ambos os grupos, apresentaram normalidade e homogeneidade ($p>0,05$, *Levene*; $p>0,05$, *Shapiro Wilk*, respectivamente). Não foram encontradas alterações estatisticamente significativas ($p>0,05$, ANOVA *post hoc Fisher*) no índice de fadiga de ísquiotibiais. Os resultados são mostrados na tabela 5.

TABELA 05- ÍNDICE DE FADIGA ISOMÉTRICA DE ISQUIOTIBIAIS

Grupos	PRE (%)	PÓS (%)	Intragrupo	Intergrupos
GC	50,1±15,49	42,8±20,56	p=0,20	p=0,10
GA	58,7±20,92	54,1±17,24	p=0,40	p=0,06

Os resultados são média ± desvio padrão. O índice de fadiga isométrica de Ísquiotibiais foi calculado pela diferença entre o pico de torque máximo e mínimo durante 30s. GC: Grupo controle e GA: Grupo alongamento. PRÉ: avaliação antes das 6 semanas; PÓS: avaliação após 6 semanas. Intragrupo: comparação com o mesmo grupo nas condições pré e pós. Intergrupos: comparação entre os grupos na condição pós.

4.5 IMPULSO

Os valores obtidos pré e pós, em ambos os grupos, apresentaram homogeneidade e normalidade ($p>0,05$, *Levene*; $p>0,05$, *Shapiro Wilk*, respectivamente). Não foram detectadas modificações estatisticamente significantes ($p>0,05$, ANOVA *post hoc* Fisher). Os resultados estão apresentados na tabela 6.

TABELA 06- IMPULSO

Grupos	PRE (Nm.s)	PÓS (Nm.s)	Intragrupo	Intergrupos
GC	417,4±179,21	420,3±195,16	p=0,90	p=0,20
GA	339,6±196,38	386,2±132,93	p=0,40	p=0,60

Os resultados são média ± desvio padrão. O índice de fadiga se refere à área da relação força isométrica x tempo dos isquiotibiais. GC: Grupo controle e GA: Grupo alongamento. PRÉ: avaliação antes das 6 semanas; PÓS: avaliação após 6 semanas. Intragrupo: comparação com o mesmo grupo nas condições pré e pós. Intergrupos: comparação entre os grupos na condição pós.

4.6 PICO DE AMPLITUDE DE EMG DOS MÚSCULOS BÍCEPS FEMURAL E SEMITENDINOSO

Os resultados obtidos no pico de amplitude de EMG dos músculos bíceps femural e semitendinoso pré e pós apresentaram homogeneidade e normalidade ($p>0,05$, *Levene*; $p>0,05$, *Shapiro Wilk*, respectivamente). Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ($p>0,05$, ANOVA *post hoc* Fisher). Os resultados estão descritos na tabela 7.

TABELA 07- PICO DE AMPLITUDE DE EMG DOS MÚSCULOS BÍCEPS FEMURAL E SEMITENDINOSO

Grupos	PRE (mV)	POS (mV)	Intragrupo	Intergrupos
MUSCULO BÍCEPS FEMURAL				
GC	733.8 ± 377.43	987.0 ± 500.26	p= 0,07	p=0,50
GA	819.5 ± 343.85	1047.1 ± 494.78	p=0,10	p=0,60
MUSCULO SEMITENDINOSO				
GC	1090.2 ± 659.3	1325.6 ± 820.74	p=0,20	p=0,60
GA	1002.8 ± 455.16	1290.8 ± 562.26	p=0,10	p=0,80

Os resultados são média ± desvio padrão. GC: Grupo controle e GA: Grupo alongamento. mV: milivolt. PRÉ: avaliação antes das 6 semanas; PÓS: avaliação após 6 semanas. Intragrupo: comparação com o mesmo grupo nas condições pré e pós. Intergrupos: comparação entre os grupos na condição pós.

5. DISCUSSÃO

ADM

O programa de alongamento de 6 semanas aplicado em adultos jovens empregado no presente estudo foi efetivo para aumentar em 17% a amplitude de movimento do joelho. Os ganhos foram maiores do que em outros estudos em que a amplitude de movimento foi de apenas 6% (ROBERTS E WILSON, 1999). Provavelmente, a menor duração do período de treinamento (5 vs 6 semanas) e o volume total (90 vs 270s) possam explicar as discrepâncias entre os dados encontrados no presente estudo e por Roberts e Wilson (1999). Por outro lado, Rancour et. al., (2009) encontraram incrementos de 21% com um volume de treinamento menor (120s), mas com maior duração (8 semanas) em que os exercícios de flexibilidade foram ministrados. Logo, o volume e a frequência de treinamento parecem ser determinantes e precisam ser controlados a fim de que os ganhos decorrentes possam ser obtidos.

O resultado desta pesquisa sugere que a prática regular de alongamento estático é um método eficaz para o ganho de ADM e ainda oferece vantagens, quando comparado a outras formas de alongamento, devido a fácil execução e baixo potencial de dano tecidual.

Quando a unidade músculo-tendínea é submetida ao alongamento e mantida a um comprimento fixo por pelo menos 18s, no mínimo 2x/semana, podem ocorrer alterações nas propriedades viscoelásticas do tecido muscular, resultando em diminuição da tensão ao longo do tempo, levando a alterações duradouras no comprimento muscular (GAJDOSIK et al., 2005; TAYLOR et al., 1990; FRONTERA, 1999).

Para ocorrer alterações duradouras no comprimento muscular, autores defendem que ocorrem modificações na estrutura do músculo, ou seja, remodelamento tecidual. Estudos com animais demonstraram que aumentos no comprimento do músculo estão associados ao acréscimo no número de sarcômeros em série e aumento na área de secção transversa das fibras musculares (COUTINHO et al., 2004; SECCHI et al., 2008).

Outros autores atribuem o ganho na amplitude de movimento ao aumento na tolerância ao alongamento, decorrente da adaptação na percepção sensorial

através dos receptores dos músculos, tendões e articulações (MAGNUSSON, 1998; WEPPLER & MAGNUSSON, 2010).

GUISSARD & DUCHATEAU, (2006) sugerem que os ganhos de ADM possam ocorrer pela diminuição da excitabilidade ou da transmissão sináptica das fibras aferentes do motoneurônio ou também pela redução na sensibilidade dos fusos musculares.

Em estudos futuros sugerem-se investigações dos mecanismos de adaptação do músculo esquelético ao exercício de alongamento em humanos, como por exemplo, avaliações morfológicas por meio de ultrassonografia e suas relações com a tensão passiva da região músculo tendínea (HOANG et al. 2007).

PICO DE TORQUE

Foi encontrado que o programa de alongamento realizado não promoveu mudanças no pico de torque isométrico dos músculos ísquiotibiais. Outros estudos corroboram com o presente resultado (LAROCHÉ et al., 2008; HIGGS & WINTER, (1999).

LAROCHÉ et al., (2008) não observaram aumentos no pico de torque, no trabalho e na taxa de desenvolvimento, tanto no alongamento estático como no balístico, realizados 3 vezes por semana, durante 4 semanas, em adultos jovens. Já no estudo de HIGGS & WINTER, (1999), não foram verificadas mudanças no pico de torque em jovens colegiais adultas, após 4 semanas de exercícios de alongamento do tipo facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP), realizados 3 vezes por semana.

No entanto, outros (FERREIRA et al., 2007) que avaliaram torque isocinético concêntrico após um programa de treinamento com exercícios de alongamento de 6 semanas (5 sessões semanais) em adultos jovens encontraram ganhos de 3,2%. Logo, os programas que envolvem exercícios de alongamento que visam melhorar a capacidade contrátil devem ser realizados em períodos superiores a 5-6 semanas e com volumes não inferiores a 30s.

As adaptações musculares são diferentes quando o torque é avaliado imediatamente após o alongamento comparado a análises após programa regular de alongamento, isto é, realizado durante semanas (McHUGH & COSGRAVE,

2010). Portanto, pode-se supor que a queda no pico de torque, descrita por vários autores, não ocorre quando o alongamento é realizado periodicamente, como encontrado no presente estudo e sim apenas na realização imediata (CRAMER et al., 2005, KOKKONEN et al., 1998; FOWLES et al., 2000; MAREK et al., 2005; ROBBINS & SCHEUERMANN, 2008; SIATRAS et al., 2008; WINCHESTER et al., 2009).

Desta forma, a plasticidade músculo-tendínea responde diferentemente quando são realizados protocolos de alongamento agudos e crônicos. Tem sido descrito que as mudanças na resistência músculo-tendínea respondem com deformação elástica (temporária) nos protocolos agudos e plástica nos programas regulares de alongamento (crônico) (WEPLER & MAGNUSSON, 2010).

Foi observado que a queda no desempenho muscular induzida pela realização de apenas uma sessão de alongamento (agudo), pode causar inibições neuromusculares e diminuição da força contrátil, sendo que este efeito pode ter duração de até uma hora (KNUDSON, 2001).

Já os efeitos plásticos (duradouros), associados a realização regular do alongamento (crônico), podem causar aumento da síntese protéica, no número de sarcômeros em série, aumento da área de secção transversa das fibras musculares, melhora na contratilidade de proteínas musculares, aumento no torque concêntrico, reorganização das fibras colágenas do músculo esquelético (GAJDOSIK et al., 2005; COUTINHO et al., 2004; COUTINHO et al., 2006; FERREIRA et al., 2007; ALENCAR & MATIAS, 2010), adaptação na inibição autogênica do órgão tendinoso de Golgi (OTG) (DAVIS et al., 2005).

Alguns autores têm encontrado melhora no desempenho no salto, na repetição máxima (RM), *Sprint*, na flexibilidade, observados em estudos envolvendo protocolos crônicos de alongamento (KOKKONEN et al., 2007, SHRIER, 2004, WORRELL et al., 1994). Ainda, SHRIER (2004) em sua revisão, aponta que nenhum artigo relatou diminuição da performance, após a realização de programas de alongamento (crônico), corroborando com o resultado do presente estudo.

Porém, como citado acima, vários estudos encontraram aumento de performance após protocolos crônicos de alongamento, diferente do presente estudo (KOKKONEN et al., 2007, SHRIER, 2004, WORRELL et al., 1994). Assim,

pode-se apontar como limitação do estudo, a avaliação do torque isométrico. Talvez, se fosse avaliado o torque isocinético excêntrico, poderia ter sido encontrada alguma modificação, já que o alongamento é realizado no sentido excêntrico. Apesar de ter sido encontrado aumento de pico de torque isocinético concêntrico, em adultos jovens que realizaram alongamento, 5x/semana, durante 6 semanas, sugerindo da frequência semanal e do volume do alongamento realizado (FERREIRA et al, 2007).

FADIGA MÚSCULAR ISOMÉTRICA

O índice de fadiga muscular não apresentou mudanças significativas após o programa de exercícios de alongamento realizados no presente estudo. Esta é a primeira vez que se investiga o efeito do alongamento crônico na fadiga muscular. Estudos que verificaram respostas imediatas, isto é, imediatamente após a realização do alongamento (agudo), observaram reduções na capacidade do músculo em executar contrações dinâmicas (ROBBINS & SCHEUERMANN, 2008; NELSON et al., 2005). Logo, pode-se sugerir que a fadiga em adultos jovens hígidos é influenciada somente por protocolos agudos de alongamento.

Embora o método utilizado para induzir a fadiga muscular neste estudo tenha sido realizado com contrações isométricas, não foram observadas mudanças nos padrões avaliados: índice de fadiga isométrica e impulso.

A pequena influência do programa de exercícios de alongamento sobre o impulso e taxa de sustentação de força isométrica, pode estar associado a mecanismos envolvidos em ações sinérgicas ou co-ativações musculares. Os mecanismos estão associados a ativação de outras musculaturas que atuam em conjunto com os principais músculos agonistas, sendo observado como habilidade muscular, a ativação de unidades motoras de contração lenta que podem sustentar uma força isométrica mais tempo do que unidades motoras de contração rápida (BROOKS e FAULKNER 1991). Em geral estes mecanismos têm sido interpretados como forma de compensação e estratégia muscular que visa a sustentação da força muscular (PSEK, J.A., & CAFARELLI, 1993).

Por outro lado, o ganho significativo de ADM encontrado no presente estudo bem como as adaptações músculo-tendíneas que podem estar associadas

à realização regular do alongamento (crônico), poderiam explicar a manutenção do torque, já que em protocolos agudos ocorrem reduções.

Sugere-se a realização de mais estudos para investigar o torque isocinético excêntrico e os índices de fadiga nos músculos sinergistas e antagonistas, para melhor entendimento do efeito do alongamento na fadiga muscular.

AMPLITUDE DO SINAL ELETROMIOGRÁFICO

Não foram observadas mudanças significativas na amplitude do sinal eletromiográfico dos músculos semitendinoso e bíceps femural, após a realização crônica de exercícios de alongamento. Sugere-se que manifestações imediatas na estratégia muscular durante o processo de fadiga muscular atuaram numa proporcionalidade com a manutenção de força muscular e padrões de amplitude de EMG.

Uma proporcionalidade direta entre a amplitude de EMG e força são esperadas por apresentar uma relação direta com os fenômenos musculares internos. Segundo KARLSSON et al., (2003) a ativação elétrica das fibras musculares precede os eventos mecânicos, enquanto o aparelho contrátil e a membrana das fibras musculares, influenciam nos sinais mioelétricos.

Durante a indução da fadiga isométrica, é imediatamente observado um aumento no potencial de ação, ocasionado por mudanças nas taxas de disparo do neurônio motor, na ordem e no recrutamento das unidades motoras (MORITANI, 1995). Tais medidas são usadas como estratégia de compensação da perda da função motora. ASCENSÃO et al., (2003) apresenta a existência de uma capacidade “flexível” de recrutamento das fibras musculares, como mecanismo de proteção e defesa, perante a fadiga, buscando manter os mesmos padrões de força.

Quando o sinal de EMG é comparado com a força exercida pelo músculo, há uma íntima associação entre as duas (FUGLEVAND et al., 1993). Esta associação está limitada a condições puramente isométricas, em que os músculos se contraem sem mudança do comprimento muscular e, no posicionamento do eletrodo superficial da EMG (LLOYD & BESIER, 2003).

Nessas condições de força isométrica, pode haver uma relação linear entre o sinal de EMG integrado e a força (BILODEAU et al.,2003).

NICOL et al.,(1991) verificaram em 7 atletas, uma diminuição de 36% e 42% do pico de amplitude dos músculos vasto medial e vasto lateral após exercícios de endurance fadigantes. A diminuição do *input* neural dos referidos músculos teve como consequência um insuficiente recrutamento de unidades motoras e uma diminuição do torque máximo isométrico.

Neste estudo embora observado uma proporcionalidade assim como observados em outros estudos, pode-se apontar como limitação, a ausência de um maior mapeamento de eletrodos superficiais em músculos sinergistas e antagonistas, para melhor investigação do processo de fadiga muscular. Além disso, poderia ter sido avaliado o torque isocinético excêntrico para representar de forma mais adequada como o músculo foi treinado.

6. CONCLUSÃO

O treinamento com exercícios de alongamento estático, realizado 3x/semana, durante 6 semanas, aumentou a amplitude de movimento dos ísquiotibiais sem interferir no pico de torque, índices de fadiga muscular e pico de amplitude do sinal eletromiográfico.

Foram aceitas as hipóteses 1 e 4: o alongamento crônico não modifica o índice de fadiga muscular dos músculos ísquiotibiais e o alongamento crônico aumenta a ADM dos músculos ísquiotibiais. Foram rejeitadas as hipóteses 2 e 3: o alongamento crônico aumenta o sinal neuromuscular após processo de fadiga muscular isométrica e o alongamento crônico aumenta o pico de torque dos músculos ísquiotibiais.

O protocolo de alongamento não produziu reduções na capacidade contrátil, os quais são geralmente encontrados imediatamente após a aplicação de exercícios de flexibilidade. Desta maneira a realização regular de alongamento, são efetivos para gerar aumentos de amplitude articular, não promovendo diminuição na capacidade do músculo de produzir força.

A realização de estudos que visem investigar o torque isocinético excêntrico bem como avaliações eletromiográficas dos músculos sinergistas e antagonistas são necessários para que os efeitos do alongamento crônico sobre a capacidade contrátil possa ser melhor compreendido.

REFERÊNCIAS

ASCENSÃO, A.; MAGALHÃES, J.; OLIVEIRA, J.; DUARTE, J.; SOARES, J. Fisiologia da fadiga muscular. Delimitação conceptual, modelos de estudo e mecanismos de fadiga de origem central e periférica. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**. v.3, n1, p.108–123, 2003.

ALTER MJ. **Ciência da flexibilidade**. Porto Alegre: Artes Médicas; 1999.

ALENCAR, T.A.M.D; MATIAS, K.F.S Princípios Fisiológicos do Aquecimento e Alongamento Muscular na Atividade Esportiva. **Revista Brasileira Medicina do Esporte**. v.16, n. 3, 2010.

ALLISON, S.J; BAILEY, D.M; FOLLAND, J.P. Prolonged static stretching does not influence running economy despite changes in neuromuscular function. **Journal of Sports Sciences**. v.26, n.14, p.1489-1495, 2008.

ALMEIDA P.H.F.; BARANDALIZE D.; RIBAS D.I.R.; GALLON D.; MACEDO A.C.B.; GOMES A.R.S. Alongamento Muscular: suas implicações na performance e na prevenção de lesões. **Fisioterapia e Movimento**. v.22, n.3 p.335-343, 2009.

ALMEIDA P.H.F.; **Efeito crônico do alongamento realizado antes ou após treinamento de força de isquiotibiais na flexibilidade e na força**. 2010. 80p. Dissertação (Mestrado em Educação Física) Departamento de Educação Física, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

BATISTA L.H.; CAMARGO PR.; AIELLO G.V.; OISHI J.; SALVINI T.F. Avaliação da amplitude articular do joelho: Correlação entre as medidas realizadas com o goniômetro universal e no dinamômetro isocinético. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. v.10, n. 2, p.193-198, 2006.

BANDY W. D.; IRION, J. M; BRIGGLER, M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. **Physical Therapy**, v.77 p.1090-1096, 1997.

BENTO P.C.B.; PEREIRA G., UGRINOWITSCH C.; RODACKI A.L.F.; Peak torque and rate of torque development in elderly with and without fall history. **Clinical Biomechics** v.25 p. 450-454, 2010.

BIRD M.L.; HILL K., BALL M.; WILLIAMS A.D.; Effects of resistance and flexibility-exercise interventions on balance and related measures in older adults. **Journal of Aging and Physical Activity**. v.1, p.444-454, 2009.

BILODEAU M. SCHINDLER-IVENS S.; WILLIAMS D.M.; CHANDRAN R.; SHARMA S.S. EMG frequency content changes with increasing force and during fatigue in the quadriceps femoris muscle of men and women. **Jornal of Electromyography and Kinesiology**. v.13, n.1, p.83-92, 2003.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **Diretriz para o treinamento físico militar do exército e sua avaliação**, 2008.

BROOKS, S.V.; & FAULKNER, J.A. Forces and powers of slow and fast skeletal muscle in mice during repeated contractions. **Journal of Physiology**. v. 436, 701-710, 1991.

BURDEN, A. BARTLETT, R. Normalisation of EMG amplitude: an evaluation and comparison of old and new methods. **Medical Engineering & Physics**. 21:247-257. 1999.

CIPRIANI D, ABEL B, PIRRWITZ D. A comparison of two stretching protocols on hip range of motion: implications for total daily stretch duration. **Journal of Strength and Conditioning Research** 2003, 17:274-8.

COUTINHO E.L.; GOMES A.R.S.; FRANÇA C.N.; OISHI J.; SALVINI T.F.; Effect of a passive stretching on the immobilized soleus muscle fiber morphology. **Brazilian Journal of medical Medical Biological Research**. v.37, p. 1853-1861, 2004.

COUTINHO, E.L.; DELUCA, C.; SALVIANI, T.F.; VIDAL, B.C. Bouts of Passive Stretching after immobilization of the rat soleus muscle increase collagen macromolecular organization and muscle fiber area, Connect. **Tissue Research**. V.47 n.5 p.278–286, 2006.

CRAMER, J.T.; HOUSH, T.J.; WEIR J.P.; JOHNSON G.O.; COBURN J.W.; BECK, T.W. The acute effects of static stretching on peak torque, mean power out, electromyography, and mechanomyography. **European Journal of Applied Physiology**. v.93, p.530-539, 2005.

CHAN, S.P.; HONG, Y.; ROBINSON, P. D. Flexibility and passive resistance of the hamstrings of young adults using two different static stretching protocols. **Scandinavian Journal of Medicine Science in Sports**. v.11, p.81-86, 2001.

DAY, CS; MORELAND, MS; FLOYD, SS Jr; HUARD, J.; Limb lengthening promotes muscle growth. **Journal of Orthopaedic Research**. v.15, p.227–234, 1997.

DAVIS, D.S.; ASHBY, P.E, MCCAULE K.L.; MCQUAIN, J.A; WINE JM. The effectiveness of 3 stretching techniques on hamstrings flexibility using consistent stretching parameters. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v.19, p.27-32, 2005.

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

ESPOSITO, F.; CÈ, E., RAMPICHINI, S.; VEICSTEINAS, A. Acute passive stretching in a previously fatigued muscle: Electrical and mechanical response

during tetanic stimulation. **Journal of Sports Sciences**. v.27, n.12, p.1347 -1357, 2009.

ENOKA, R.M. **Bases neuromecânicas da cinesiologia** 2º Edição Manole – SP, 2000.

ENOKA, R.M; STUART D.G. Neurobiology of muscle fatigue. **Jornal of Applied Physiology**. v.72, p.1631-1648, 1992.

FATOUROS, I.G.; KAMBAS, A; KATRABASAS, I; LEONTSINI, D; CHATZINIKOLAOU, A; JAMURTAS, A.Z; DOUROUDOS, I; AGGELOUSIS, N; TAXILDARIS, K; Resistance Training and Detraining Effects on Flexibility Performance in the Elderly are Intensity-Dependent. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 20, n.3, p.634-642, 2006.

FAUL, F.; ERDFELDER, E.; LANG, A.G.; BUCHNER, A.; G*Power3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. **Behavior Research Methods**. v.39, n.2, p. 175-191, 2007.

FERBER, R.; OSTERNIG, L. R.; GRAVELLE, D. C. Effect of PNF stretch techniques on knee flexor muscle EMG activity in older adults. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. v. 12, p. 391–397, 2002.

FERREIRA, G.N.T; SALMELA, L.F.T; GUIMARÃES, C.Q. Gains in Flexibility Related to Measures of Muscular Performance: Impact of Flexibility Muscular Performance. **Clinical Journal of Sport Medicine** v.17, p.276-281, 2007.

FELAND, J. B.; MYRER, J. W.; SCHULTHIES, S. S.; FELLINGHAM, G. W. and MEASOM, G.W. The effect of duration of stretching of the hamstring muscle group for increasing range of motion in people age 65 years or older. **Physical Therapy**. 81: 1110-1117, 2001.

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

FRONTERA, W. R.; DAWSON, D.M. and SLOVIK, D.M. Exercise in rehabilitation medicine. Human Kinetics, USA, p.211 1999.

FUGLEVAND, A.J.; WINTER, D.A.; PATLA, A.E. Models of recruitment and rate coding organization in motor-unit pools. **Jornal of Neurophysiology**. v.70, p.2470-2488, 1993.

GALLON, D.; RODACKI, A.L.F.; HERNANDEZ, S.G.; DRABOVSKI, B., OUTI, T.; BITTENCOURT, L.R.; GOMES, A.R.S; The effects of stretching on the flexibility, muscle performance and functionality of institutionalized older women. **Brazilian Journal of Medical Biological Research**. v.44, n.3, p.229-235, 2011.

GAJDOSIK, R.L; LINDEN, D.W.V; 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 muscle of older women. **Clinical Biomechanics**. v.20, p. 973–983, 2005.

GOLDSPINK, G; HARRIDGE, S. **Cellular and molecular aspects of adaptation in skeletal muscle**. In: Strength and Power in Sport. Komi, PV, ed. Malden, MA: Blackwell Science Inc., p. 231–251, 2003.

GOLDSPINK, G; WILLIAMS, P; SIMPSON, H. Gene expression in response to muscle stretch. **Clinical Orthopedics**. n.403 p.146-152, 2002.

GERDLE, B; LARSSON, B; KARLSSON S. Criterion validation of surface EMG variables as fatigue indicators using peak torque. A study of repetitive maximum isokinetic knee extensions. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. v.10, p.225-232, 2010.

GUISSARD N., DUCHATEAU J., Neural aspects of muscle stretching. **Exercise and Sport Sciences Reviews**. v.34, n.4, p.154-158, 2006.

HANDEL, M; HORSTMANN, T; DICKHUTH, HH; GULCH, R.W. Effects of contract-relax stretching training on muscle performance in athletes. **European Journal Applied Physiology Occupational Physiology**. v.76, p.400-408, 1997.

HAGBERG, M. The amplitude distribution of surface EMG in static and intermittent static muscular performance. **European Journal Applied Physiology and Occupational Physiology**. v.40, n.4, p.265-272, 1979.

HERDA, T. J.; CRAMER, J. T.; RYAN, E. D.; McHUGH, M. P. Acute Effects of Static versus dynamic stretching on isometric peak torque, electromyography, an mechanomyography of the biceps femoris muscle. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v.22, n.3, p.:809-817, 2008.

HEUSER, M & PINCIVERO, D. The effects of stretching on knee flexor fatigue and perceived exertion. **Journal of Sports Science**. v.28, n.2, p.219-26, 2010.

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**, 2000.

HEYWARD VH. **Designs for fitness**. Minneapolis: Burges; 1984.

HIGGS, F.; WINTER, S.L.; The effect of a four-week proprioceptive Neuromuscular facilitation stretching program on isokinetic torque production. **Journal of strength and conditioning research**. v.23, n.5, p.1442-1447, 1999.

HOANG, P.D.; HERBERT, R.D.; TODD, G., GORMAN, R.B., GANDEVIA, S.C.. Passive mechanical properties of human gastrocnemius muscle–tendon units, muscle fascicles and tendons *in vivo*. **Journal Experimental Biology**. v.210, p.4159-4168, 2007.

JACKSON, N.D.; GUTIERREZ, G.M.; KAMINSKI, T. The effect of fatigue and habituation on the stretch reflex of the ankle musculature. **Electromyography and Kinesiology**. v.19, p.75-84, 2009.

KARLSSON, J.S.; OSTLUND, N.; LARSSON, B.; GERDLE, B. An estimation of the influence of force decrease on the mean power spectral frequency shift of the EMG during repetitive maximum dynamic knee extensions. **Journal of Eletromyography and Kinesiology**. v.13, n.5, p. 461-468, 2003.

KELLIS, E. & KOUVELIOTI, V. Agonist versus antagonist muscle fatigue effects on thigh muscle activity and vertical ground reaction during drop landing. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. v.19, p.55-64, 2009.

KENDALL, F.P.; McCREARY E.K.; PROVANCE, P.G. **Músculos Provas e Funções**. Editora Manole - 4 edição, 1995.

KOKKONEN, J; NELSON, A.G.; ELDREDGE, C.; WINCHESTER, J.B. Chronic static stretching improves exercise performance. **Medicine and Science Sports and Exercise**. v.39, n.10, p.825-1831, 2007.

KOKKONEN, J; NELSON, AG, CORNWELL A.; Acute muscle stretching inhibits maximal strength performance. **Research Quartely for Exercise and Sport**. v.69, p.411-415, 1998.

KNUDSON, D; BENNETT, K; CORN, R; LEICK, D; SMITH, C. Acute effects of stretching are not evident in the kinematics of the vertical jump. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v.15, p.98-101, 2001.

LAROCHE, D.P.; LUSSIER, M.V.; ROY S. J. Chronic stretching and voluntary muscle force. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v.22, n.2, p.589-596, 2008.

LAUR, D.J.; ANDERSON T.; GENE, G.; CRANDALL, A.; PINCIVERO, D.M.; The effects of acute stretching on hamstring muscle fatigue and perceived exertion. **Journal of Sports Sciences**. v.21, p.163-170, 2003.

LEE, H.M; LIAU, J.J; CHENG, C.K; TAN, C.M; SHIH, J.T. Evaluation of shoulder proprioception following muscle fatigue. **Clinical Biomechanics**. n.8 p.843-847, 2003.

LLOYD, D.G.; BESIER, T.F. An EMG-driven musculoskeletal model to estimate muscle forces and knee joint moments in vivo. **Journal of Biomechanics**. v.36, n.6, p.765-776, 2003.

MARAGONI, A.H. Effects of intermittent stretching exercises at work on musculoskeletal pain associated with the use of a personal computer and the influence of media on outcomes. **Work**. n.36 p.27-37, 2010.

MAGNUSSON SP. Passive properties of human skeletal muscle during stretch maneuvers. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**. v.8, n.2, p.65-77, 1998.

MAREK S.M.; CRAMER J.T.; FINCHER A.L.; MASSEY L.L.; DANGELMAIER S.M.; PURKAYASTHA S. 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.

MARQUES, A.P.; VASCONCELOS, A.A.P.; CABRAL, C.M.N.; SACCO, I.C.N. Effect of frequency of static stretching on flexibility, hamstring tightness and electromyographic activity. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research** v.42 p.949-953, 2009

McHUGH, M.P; COSGRAVE, C.H. To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**. v.20, p.169-181, 2010.

MOHR, M; MUJICA, I; SANTISTEBAN, J; RANDERS, MB; BISCHOFF, R; SOLANO, R; HEWITT, A; ZUBILLAGA, A; PELTOLA, E; KRUSTRUP, P. Examination of fatigue development in elite soccer in a hot environment: a multi-experimental approach. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**. v.20, 2010.

MORITANI, T. Electromyographic manifestations of muscular fatigue. **Electroencephalography Clinical Neurophysiology/ Electromyography and Motor Control**. v.97,n.4, p.59-59, 1995.

NELSON, A.G.; KOKKONEN, J.; ELDREDGE C.; CORNWELL, A.; GLICKMAN-WEISS, E. Chronic stretching and running economy. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports** . v.11, p.260-265, 2001.

NELSON, A.G.; KOKKONEN, J.; ARNALL A. D. Acute muscle stretching inhibits muscle strength endurance performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v.19, n.2, p.338-343, 2005.

NICOL C, KOMI P, MARCONNET P Fatigue effects of marathon running on neuromuscular performance, II -Changes in force, integrated electromyographic activity and endurance capacity. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**. v.1, p.18-24, 1991.

NOAKES, T.D.; PELTONEN J. E.; RUSKO. H.k; Evidence that a central governor regulates exercise performance during acute hypoxia and hyperoxia. **The Journal of Experimental Biology**. v.204, p.3225-3234, 2001.

NOAKES, T.D; CLAIR GIBSON A.S.T. Logical limitations to the catastrophe models of fatigue during exercise in humans. . **Brazilian Journal of Sports Medicine** v.38, p. 648-649, 2004.

OLIVEIRA, A.S.C; CAPUTO, F.; GONÇALVES.; DENADAI, B.S. Heavy-intensity aerobic exercise affects the isokinetic torque and functional but not conventional hamstrings:quadriceps ratios. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. v.19, p.1079-1084, 2009.

PATIKAS, D; MICHAILIDIS, C; BASSA, H; KOTZAMANIDIS, C. TOKMAKIDIS, S; ALEXIOU, S; KOCEJA, D.M. Electromyographic Changes of Agonist and Antagonist Calf Muscles During Maximum Isometric Induced Fatigue. **Int Journal of Sports Medicine**. v.23, p. 285-289, 2002.

PSEK, J.A., & CAFARELLI, E. Behavior of coactive muscles during fatigue. **Journal of Applied Physiology**. v. 74, p.170-175, 1993.

RAINOLDI, A; FALLA, D; MELLOR, R; BENNELL, K; HODGES, P. Mioelectric manifestations of fatigue in vastus lateralis, medialis obliquus and medialis longus muscles. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. v.18, n.6, p.1032-7, 2008.

RANCOUR J., HOLMES C.F., CIPRIANI D.J.; The effects of intermittent stretching following a 4-week static stretching protocol: a randomized trial. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v.23, n.8, p.2217-22, 2009.

RIBEIRO, F. & OLIVEIRA, J. Efeito da fadiga muscular local na percepção do joelho. **Fisioterapia e Movimento**. v.21, n.2, p.71-83, 2008.

ROBBINS, J.W; SCHEUERMANN, 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.781-786, 2008.

ROBERTS JM, WILSON K. Effect of stretching duration on active and passive range of motion in the lower extremity. **British Journal of Sports Medicine**. v.33 n.4 p.259-63, 1999.

RUGGIERO, MAG.; LOPES, VLR.; **Cálculo numérico: aspectos teóricos e computacionais**. São Paulo: McGraw – Hill, 1988.

RYAN ED, BECK TW, HERDA TJ, HULL HR, HARTMAN MJ, COSTA PB, DEFREITAS JM, STOUT JR, CRAMER JT. The Time Course of Musculotendinous Stiffness Responses Following Different Durations of Passive Stretching. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v.38, n.10 2008

SAINZ , P. & AYALA, F. Chronic flexibility improvement after 12 week of stretching program utilizing the ACSM recommendations: Hamstring Flexibility. **Int Journal Sports Medicine**, 2010.

SECCHI, K., MORAIS, C. P., CIMATTI, P., TOKARS, E., GOMES, A. R. S. Efeito do alongamento e do exercício contra resistido no músculo esquelético de rato. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. v.12, p.228 - 234, 2008.

SHRIER, I. Does stretching improve performance? A systematic and critical review of the literature. **Clinical Journal of Sport Medicine**. v.14, p.267-273, 2004.

SHRIER, I. When and Whom to Stretch? **Physician and Sportsmedicine**. v.33 p.2-6, 2005.

SILVA, S.R.D.; C.H.W.; GONCALVES, M. Comparação protocolos para verificação da fadiga muscular pela eletromiografia de superfície. **Motriz**. v.9, n.1, p.41-47, 2003.

SILVA, S.R.D.; FRAGA, C.H.W.; GONCALVES, M. Efeito da fadiga muscular na biomecânica da corrida: uma revisão. **Motriz**. v.13, n.3, p.225-235, 2007.

SILVA, B.A.R.S.; MARTINEZ, F.G.; PACHECO, A.M.; PACHECO, I. Efeitos da fadiga muscular induzida por exercícios no tempo de reação muscular dos fibulares em indivíduos saudáveis. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v.12, n.2, 2006.

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.40-46, 2008.

TAYLOR, D.C.; DALTON J.D.; SEABER A.V.; GARRETT W.E.; Viscoelastic properties of muscle-tendon units: The biomechanical effects of stretching. **American Journal of Sports Medicine**. v.18, n.3, p.300-308, 1990.

TERRERI, A.S.A.P; GREVE, J.M.D; AMATUZZI, M.M. Avaliação isocinética no joelho do atleta. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v.7 n.5, 2001.

THOMAS, J.; NELSON, J.; SILVERMAN, S. (5th Ed.). Research methods in physical activity. Champaign, IL: **Human Kinetics**, 2005.

WALLIN, D.; EKBLOM, B.; GRAHN, R. and NORDENBORG, T. Improvement of muscle flexibility: a comparison between two techniques. **American Journal of Sports Medicine**. v.13, p. 263-268, 1985.

WEPLER, H. C.; MAGNUSSON S.P. Increasing Muscle Extensibility: A matter of increasing length or modifying sensation? **Physical Therapy**. v.90 n.3, p. 438-449, 2010.

WILLY, R. W.; KYLE, B.A.; MOORE, S.A.; CHLEBOUN, G. S.. Effect of cessation and resumption of static hamstring muscle stretching on joint range of motion. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**. v.31, n.3, p.138-144, 2001.

WINCHESTER, J.B.; ARNOLD, N.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.257-261, 2009.

WINTER, S.L.; HIGGS, F.; **The Effect of a Four-week proprioceptive neuromuscular facilitation stretching program on isokinetic torque production.** Journal of Strength and Conditioning Research. v.23, n.5, p.1442-1447, 2009.

WORRELL, T.; SMITH, T.; WINEGARDNER, J. Effect of hamstring stretching on hamstring muscle performance. **The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy.** v. 20, n. 3, p. 154-159, 1994.

WONG, P.L.; LAU, P.W.C.; MAO, D.W.; WU, Y,Y.; BEHM, D. G.; WISLOFF, U.; **Three days of static stretching within a warm-up does not affect repeated-sprint ability in youth soccer players.** Journal of strength and Conditioning Research. v.25, n.3, p. 838-845, 2011.

APÊNDICE

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Setor de Ciências Biológicas
Departamento de Educação Física
Programa de Pós Graduação
Mestrado/Doutorado em Educação Física



APENDICE A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você militar incorporado ao Colégio Militar de Curitiba, está sendo convidado para participar de um estudo intitulado “EFEITOS DO ALONGAMENTO CRÔNICO NA FADIGA DOS MUSCULOS ISQUIOTIBIAIS DE MILITARES”. É através das pesquisas clínicas que ocorrem os avanços importantes em todas as áreas, e sua participação é fundamental.

O objetivo deste estudo é analisar se o alongamento realizado a longo prazo interfere na fadiga muscular dos músculos posteriores do quadril.

Foram verificados em estudos anteriores que o alongamento realizado a longo prazo pode apresentar um aumento na força muscular e na potência do músculo alongado. Por este motivo, realizaremos um estudo, com a finalidade de analisar se o alongamento pode também interferir na fadiga muscular após a realização de um programa de alongamento.

Caso você decida participar, será necessário preencher um questionário contendo dados gerais sobre suas atividades físicas diárias, participar de avaliações de força e realizar exercícios de alongamento (os exercícios de alongamento serão realizados apenas para o grupo alongamento).

Como em qualquer pratica de exercício físico você poderá experimentar alguns desconfortos como dor muscular. Caso isto aconteça, deve ser passageiro e estaremos perguntando o quanto durou. O alongamento pode gerar um desconforto momentâneo durante a execução, que passa ao retornar a posição de relaxamento.

Caso você venha a ter algum tipo de dor ou desconforto persistente, relacionado ou não com o estudo, você será encaminhado para acompanhamento

Rubricas: Sujeito da Pesquisa _____ Pesquisador Responsável _____

médico na Enfermaria do Colégio Militar de Curitiba, localizado na Pç Conselheiro Tomaz Coelho n° 01, Tarumã – Curitiba.

Horário de atendimento: segunda a sexta-feira das 08:00hs às 12:00hs e 14:00hs às 17:00hs, telefone: 3366-2001 ramal 119. Médica responsável: Dra Fernanda Wagner Fredo

Após o término da pesquisa, se desejar, você poderá ser beneficiado com um programa de musculação, que poderá ser realizado na academia do Colégio Militar sob orientação de um Educador Físico.

A sua participação neste estudo é voluntária. Você tem a liberdade de se recusar a participar ou, se aceitar participar, retirar seu consentimento a qualquer momento. Ao aceitar participar, será necessário que você compareça ao Colégio Militar de Curitiba, no ginásio de voleibol, para a realização de avaliações de força e amplitude de movimento. As avaliações serão realizadas antes e após um programa de alongamento.

O programa de alongamento consistirá na realização de exercícios de alongamento 3 vezes por semana (segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira às 09:00hs), durante 6 semanas. Os exercícios de alongamento terão uma duração de aproximadamente 20 minutos.

O Educador Físico Raphael Fabricio de Souza, responsável por esta pesquisa poderá ser contatado pelo telefone **(41)8809-0570** ou e-mail **raphaelctba20@hotmail.com** para responder eventuais dúvidas a respeito da pesquisa.

A equipe de pesquisa compromete-se a utilizar os dados obtidos nas avaliações exclusivamente para o estudo, assim como a manter a confidencialidade sobre estes dados e a privacidade de seus conteúdos, como preconizam os Documentos Internacionais e a Res. 196/96 do Ministério da Saúde. Os resultados obtidos neste estudo serão publicados em eventos científicos e periódicos indexados.

As informações relacionadas ao estudo poderão ser inspecionadas por fisioterapeutas e educadores físicos que executam a pesquisa e pelas

Rubricas:

Sujeito da Pesquisa _____

Pesquisador Responsável _____

autoridades legais. No entanto, se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito sob forma codificada, para que a **confidencialidade** seja mantida. Todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa (papéis, cartuchos, computadores, telefone, canetas) não será de sua responsabilidade.

Pela sua participação no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro.

As informações existentes neste documento são para que vossa senhoria entenda perfeitamente os objetivos deste estudo, e saiba que a sua participação é espontânea. Qualquer dúvida poderá ser esclarecida por telefone ou mesmo pessoalmente na Universidade Federal do Paraná, setor de Educação Física (laboratório de biomecânica), Rua Coração de Maria, 92 – Jardim Botânico - Curitiba / PR, no horário das 8:00hrs às 18:00hrs.

Estão garantidas todas as informações que você queira, antes, durante e depois do estudo.

Eu, _____
li o texto acima e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual fui convidado a participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios do estudo e os procedimentos. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação no estudo a qualquer momento sem justificar minha decisão e sem que esta decisão afete meu tratamento. Eu entendi o que não posso fazer durante a pesquisa e sei que qualquer problema relacionado aos procedimentos será tratado sem custos para mim.

Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

Curitiba, _____ de _____ de 2009.

Participante

RG:

Testemunha

RG:

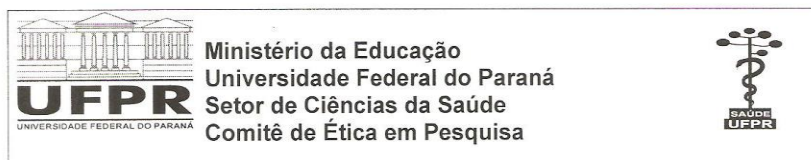
Raphael Fabricio de Souza

Pesquisador

RG: 80891644 PR

ANEXOS

ANEXO A - CARTA DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA	69
ANEXO B – CERTIFICADO DE SUBMISSÃO DE PUBLICAÇÃO DE ARTIGO	70
ANEXO C – ARTIGO SUBMETIDO PARA PUBLICAÇÃO	71
ANEXO D – PORTARIA DO TESTE DE APTIDÃO FÍSICA MILITAR	83

ANEXO A

Curitiba, 04 de outubro de 2011.

Ilmo (a) Sr. (a)
RAPHAEL FABRICIO DE SOUZA
ANNA RAQUEL SILVEIRA GOMES

Nesta

Prezados Pesquisadores,

Comunicamos que o Projeto de Pesquisa intitulado **“Efeitos do alongamento crônico na fadiga dos músculos isquiotibiais de militares”** está de acordo com as normas éticas estabelecidas pela Resolução CNS 196/96, foi analisado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Setor de Ciências da Saúde da UFPR, em reunião realizada no dia 28 de setembro de 2011 e apresentou pendência(s). Pendência(s) apresentada(s), documento(s) analisado(s) e projeto aprovado em 03 de outubro de 2011.

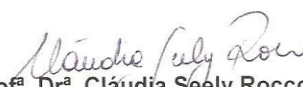
Registro **CEP/SD**: 1221.146.11.09

CAAE: 0141.0.091.091-11

Conforme a Resolução CNS 196/96, solicitamos que sejam apresentados a este CEP, relatórios sobre o andamento da pesquisa, bem como informações relativas às modificações do protocolo, cancelamento, encerramento e destino dos conhecimentos obtidos.

Data para entrega do 1º relatório parcial e/ou de conclusão: 05/04/2012.

Atenciosamente


Prof. Dr. Cláudia Seely Rocco
Coordenadora do Comitê de Ética em
Pesquisa do Setor de Ciências da Saúde

ANEXO B

26-Feb-2012

Dear Prof.
Souza,

Thank you for the submission of your manuscript entitled "CHRONIC STRETCHING IN THE CAPACITY OF FORCE MAINTENANCE" to the International Journal of Sports Medicine. Your manuscript will now go into the reviewing process.

Manuscript authors:

Souza, Raphael; Rodacki, Andre; Talaszka, Bruno; Gomes, Anna Raquel

The manuscript ID is IJSM-02-2012-2709-tt.

Please note that only the corresponding author should contact the Editorial Office or journal editors regarding this manuscript. When doing so, please be sure to refer to the manuscript ID.

To to update your account information and/or change your password, please log in to <http://mc.manuscriptcentral.com/ijsm> and click on "Edit Account" in the upper right of the browser window.

Corresponding authors and co-authors can also log in to their Author Center to follow the status of the manuscript (<http://mc.manuscriptcentral.com/ijsm>).

Sincerely,
Louise Lehen
International Journal of Sports Medicine Editorial Office

ANEXO C

EFFECTS OF CHRONIC STRETCHING IN THE CAPACITY OF FORCE MAINTENANCE OF THE HAMSTRING MUSCLES

Raphael Fabricio de Souza^{1,3}; André Felix Rodacki¹; Bruno Talaszka³; Anna Raquel
Silveira Gomes^{1,2}

¹Department of Human Motricity and Functionality Federal University of Paraná,
Curitiba, PR, Brazil

²Department of Physiotherapy. Federal University of Paraná, Matinhos, PR, Brazil.

³Military College of Curitiba, Curitiba, PR, Brazil.

Correspondence:

Raphael Fabricio de Souza

Address: Odete Laura Foggiato Street, 865 sb 06 Curitiba-PR, Brasil.

Zip Code: 82630-040

E-mail: raphaelctba20@hotmail.com

Running title: Effects of stretching on capacity of force maintenance

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effects of the chronic stretching in the capacity of force maintenance of the hamstring muscles in male young adults. Thirty-eight volunteers were randomly divided into two groups: Stretching Group (SG, $n = 19$) and Control Group (CG, $n = 19$). The protocol consisted of three different stretching exercises, performed in 3 repetitions of 30 seconds, totalizing 270 seconds. The Range of Motion (ROM) of the knee was evaluated and the isometric peak torque of the hamstring muscles. The rate of reduction in force was evaluated as the resultant of the maximum and minimum isometric peak torque, which was generated by the hamstring muscles and by the area of torque-time was calculated and it provided the impulse during the test execution. Parametric results were analyzed by ANOVA two-factor, *post hoc Fisher* and for the non parametric data was used the *Kruskal Wallis* test ($p \leq 0,05$). The post SG increased the ROM in comparison to the post CG ($163 \pm 4^\circ$ vs. $141 \pm 3^\circ$) ($p < 0,001$). There was no change in peak torque, rate of reduction in force and impulse. The chronic practice of the stretching exercises increases the ROM without interfering the peak torque, rate of reduction in force and impulse of the hamstring muscles.

Keywords: Muscle stretching exercises, Peak torque, Flexibility

INTRODUCTION

Stretching exercises are commonly included in physical training programs and exercise routines with the aim of increasing in Range of Movement (ROM), improvement on musculoskeletal symptoms and performance [6; 18; 22; 34].

Reductions on force and performance have been observed immediately after stretching exercises [5, 14, 30, 34]. It seems to exist a negative acute effect on performance, i.e., the ability to produce muscle strength and power. On the other hand, if the stretching exercises are performed in a regular basis (i.e., a chronic effect) the ROM gains are also accompanied by improved muscle force and performance [17, 21, 34]. Therefore, the positive effects of stretching exercises on performance are important to activities that require high contraction capacity (i.e., to produce large amount of force and power).

The effects of the chronic stretching on contraction capacity can also affect the ability of a muscle to produce force over a prolonged period of time. Changes in performance after stretching involve sensory and motor processes that may influence the

performance[7]. Sensory mechanisms are adaptable by stretching and include mechanoreceptors that are activated by joint deformation. There is also an efferent feedback of motor units in intrafusal gamma striated fiber that may impact on performance as they influence the viscoelastic properties of the muscle [19]. When these properties are affected by fatigue they may inhibit the pool of excitatory motoneuron. On the other hand, motor actions depend on the quality of the afferent and efferent impulse originated in the peripheral area (joints and muscles), which can undergo plastic deformations due to regular practice of stretching routines [37]. Thus, improvements on the excitation-contraction mechanisms may result in increases in contractile force and may also allow a muscle to sustain strength longer [7].

Studies using animal models have reported increases in the number of sarcomere in series, cross-sectional area [4, 33], protein synthesis [11] and rise in responsiveness of muscle spindle [29], which may cause remodeling of the viscoelastic properties of the muscle-tendon unit. Thus, changes in muscle plasticity may improve the magnitude and the ability to sustain longer a maximum contraction [7]. Thus, an increased capacity of a muscle to sustain a prolonged effort may occur after a stretching program.

The failure of a muscle to sustain a prolonged effort results from a reduced ability of the neuromuscular system to generate force [16]. Therefore, it is important to understand the mechanisms associated with the reduction processes of performance in order to establish useful strategies that may hinder or decrease muscle strength loss.

Studies in which the effect of a stretching program influences muscle performance are not known. The present study aimed to determine the effects of a chronic protocol of stretching in the ability of a muscle to sustain a prolonged effort.

MATERIALS AND METHODS

Thirty-six men volunteered to participate in the study (18,3 \pm 0,5 years old; 72,6 \pm 7,2kg; 175,0 \pm 0,07 cm). They were randomized assigned [36] into two groups: Stretching Group (SG; n=19) and Control Group (CG; n=19). Figure 1 shows the allocation process. The experimental procedures were performed according to the ethical patterns of International Journal of Sports Medicine [13], which was also approved by the Ethics Committee of the University of Paraná (CAAE-0141.0.091.091-11).

Figure 01: Flow of the participants on the study.

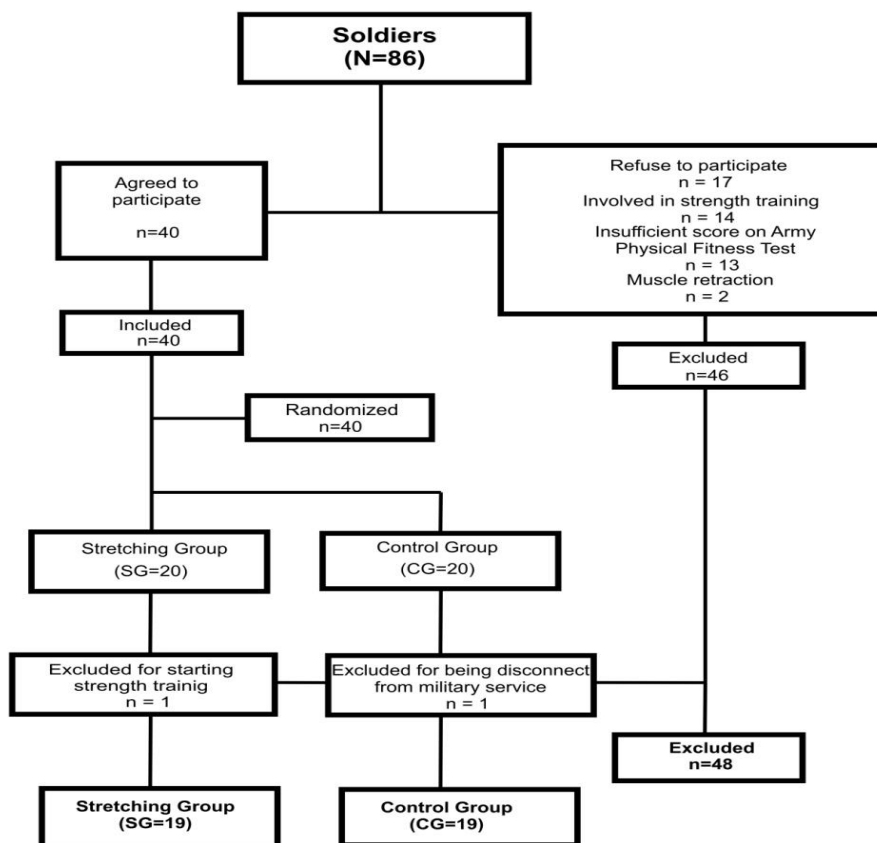


Figure 01: Flow of the participants on the study. Forty soldiers were randomized to the Stretching Group (SG, n=19) and to the Control Group (CG, n = 19). The total number of participants who completed the study was thirty-eight.

The SG performed three static stretching exercises for the hamstring, as illustrated in Figure 2 [14]. Each stretching exercise was performed slowly, until the beginning of a discomfort was informed by the participant. The exercises were sustained during 30s and were repeated three times with a 10s interval between repetitions. The program was performed times per week, during 6 weeks [1].

Figure 02: Types of stretching exercises performed to the hamstrings.



Figure 02. Types of stretching exercises performed to the hamstrings. (A) Exercise of static stretching, standing, with no help; (B) Exercise of static stretching, sitting, with help; (C) Exercise of static exercise on supine position, with help (HERDA et al., 2008).

Assessment of hamstrings flexibility

Flexibility was assessed by measuring the knee extension ROM from a flexed position of hip joint, using a universal goniometer (*Dysport*). Initially, the volunteers were positioned in a supine position with the hip and the knee of the tested limb effortlessly flexed at 90° . From this position, the knee was slowly and passively extended until the participants perceived tension and the discomfort. The full knee extension was considered as 0° and was used as a reference to indicate the limit of the knee joint extension [10, 20, 29]. Three measurements were taken, and the arithmetic mean was used for further analysis.

Isometric torque

Isometric peak torque was measured by the maximum torque generated by the knee flexor muscles (hamstrings). The isometric peak torque was determined by the product of isometric peak force of the hamstrings and the limb length, which was considered from the load cell cable was attached to the knee joint center. The isometric force was determined by a load cell (*Kratos, model CZC500*) that was mounted in an inextensible cable and anchored near the malleolus by a Velcro strap system, near to the malleolus. Figure 3 shows a schematic representation of the position of the participants during the isometric force measurements [2].

Figure 03: Position of the participants for measurements of isometric force.



Figure 03. Shows schematically the position of the participants for measurements of isometric force.

The load cell signals were amplified (*Kratos, model IK- 1C*), and converted in to a digital format (*National Instruments, model NI USB 6218*), with an amplifying frequency of 1000 Hz, which allowed to reconstruct the force-time curve. A familiarization session was conducted seven days before the evaluation with the aim of reducing variability and to minimize possible learning effects. Each volunteer performed a five-minute of cycling as a warm up on a stationary ergometer with no resistance and a heart rate ranging from 50% to 75% of the maximum [9]. In the assessment sessions, the participants were instructed to perform the knee flexion movement as fast as possible and to sustain the effort during 30s, without relaxing.

The impulse data was calculated by determining the area of torque-time curve during the test execution [31]. Furthermore, the time that the effort was performed was calculated. The capacity of the participants to resist the effort was determined by the rate of reduction in force, which was determined by the relative difference between the maximum peak torque at the beginning of the test and the minimum force observed at the end of the test [24, 35]. Figure 4 shows a schematic representation of the force-time variables.

Figure 04: Scheme of the force test.

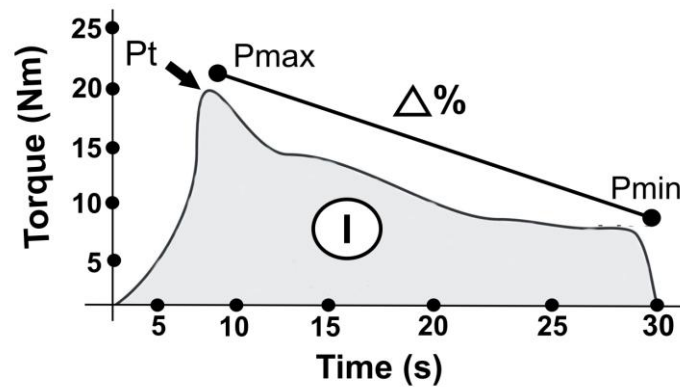


Figure 04. Scheme of the force test. Pt= Peak Torque; I= Impulse; Pmax= Maximum peak torque; Pmin= Minimum peak torque; $\Delta\%$ = Peak torque variation.

Analysis of the results

A descriptive statistic analysis (mean \pm standard deviation) was performed. The *Shapiro-Wilk* e *Levene* tests confirmed data normality and the homogeneity, respectively. When parametric requirements were met, a variance was conducted (ANOVA- two-factor) and followed by the Fischer *post hoc* test. When the parametric criteria was not met. The *Kruskal Wallis* test was applied. The *Statistica* Software (version 7.0®) was used in statistical analysis. The significance value was fixed at 5% ($p < 0.05$).

RESULTS

The knee extension motion's range of the GS group increased after the stretching protocol, both in intra comparison ($163 \pm 4^\circ$ vs $139 \pm 5^\circ$, $p < 0.001$) and groups comparison ($163 \pm 4^\circ$ vs $141.63 \pm 3.80^\circ$, $p < 0.001$.) There were no differences in torque peak of hamstrings, strength maintenance rate and impulse within and between groups ($p > 0.05$). The results are reported in Table 1.

Table 01 – ROM, isometric peak torque, rate of reduction in force and impulse.

	PRE		POST	
	CG	SG	CG	SG
ROM	139.68±4.4°	139.52±5.93°	141.63±3.80°	163.52±4.50°*
Pt (Nm)	20.90±5.92	18.75±6.95	20.72±5.57	20.00±7.64
RF (%)	50.09±15.49	58.73±20.92	42.81±20.56	54.18±17.24
I (Nm.s)	417.48±179.21	339.64±196.38	420.37±195.16	386.21±132.93

Table 01. ROM, isometric peak torque, rate of reduction in force and impulse. CG: Control Group; SG: Stretching Group. ROM = Range of Motion; Pt= Peak torque, RF= Rate of reduction in force, I= Impulse. The data are mean ± standard deviation. *p=0,0001 when it is compared to pre GS and post CG.

DISCUSSION

The six-week stretching program applied in young adults in which the present study is based was effective to increase in 17% the knee motion's range. The benefits were greater than in other studies in which the amplitude of movement was only 6% (29). Probably, the shorter length of the training period (5 vs 6 weeks) and the total volume (90 vs 270S) may explain the discrepancies between the data presented in this study and by Roberts and Wilson's reports (1999). Moreover, Rancor et. al. (2009) found increments of 21% with as small amount of training (120s), but with a longer length (8 weeks), in which the stretching exercises were administered. Therefore, the volume and frequency of training seem to be crucial and must be controlled so that the gains can be obtained.

The increments in the motion's range can be attributed to several mechanisms which involve changes on the articular tissues, tendon and muscles. Changes in the viscoelastic properties of muscle tissue may have decreased muscle tension throughout the training period and allowed changes in muscle extensibility [11]. Furthermore, the decrease of excitability or synaptic transmission of motor neuron's afferent fibers and the reduction of muscle spindles' sensitivity in response to the exercise program may also have contributed to the increasing of the tolerance to stretching stimuli [12]. Thus, the activity of the muscle-tendon and joint proprioceptors could have been mitigated and could have

helped reduce stiffness, aiming muscle length and ROM increasing [21]. The torque peak, impulse and ability to maintain strength remained unchanged after the training program involving stretching exercises. Other studies also found no gains in young adults on the eccentric isokinetic torque peak, after a four-week program of exercises performed three times a week [15, 18]. Also, in a study that lasted 12 weeks of training (two sessions a week with three repetitions of 30 s), Nobrega et al. (2005), there were not found any significant increases in muscle strength in the 1RM test.

However, others [8] that evaluated concentric isokinetic torque after a six-week training program with stretching exercises (5 sessions per week) in young adults found gains of 3.2%. Therefore, programs that involve stretching exercises to improve the contractile capacity should be performed in periods longer than 5-6 weeks and with volumes of not less than 30s.

The small influence of the program of stretching exercises on the pulse and support rate of the isometric strength, may be associated with mechanisms involved in or synergistic co-activations muscle actions. The mechanisms are associated with activation of other muscles that act together with the main agonist muscles, being observed as muscular ability, the activation of slow-twitch motor units that can sustain an isometric force longer than fast-twitch motor units. [3]. In general, these mechanisms have been interpreted as a form of compensation and muscle strategy that aims to support muscle strength [27]. Future studies involving muscle activation parameters are needed to confirm these speculations.

Although no significant changes were observed on the contractile capacity, the stretching protocol did not produce reductions in torque peak, which are usually found immediately after application of flexibility exercises [5, 23, 30, 33, 34].

Therefore, stretching protocols carried out regularly are effective to produce increases on the motion range, but do not produce a decreasing of the muscle strength production's maximum ability.

The studies aiming the investigation on the eccentric isokinetic torque as well as electromyographic evaluations of synergist and antagonist muscles are needed for the chronic effects of stretching on the contractile capacity can be better understood.

REFERÊNCIAS

- 1 Bandy W D, Irion JM, Briggler M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther* 1997; 77: 1090-1096
- 2 Bento PCB, Pereira G, Ugrinowitsch C, Rodacki ALF. Peak torque and rate of torque development in elderly with and without fall history. *Clin Biomech* 2010, 25: 450-454
- 3 Brooks SV, Faulkner JA. Forces and powers of slow and fast skeletal muscle in mice during repeated contractions. *J Physiol* 1991; 436:701-710
- 4 Coutinho EL, Gomes ARS, França CN, Oishi J, Salvini TF. Effect of a passive stretching on the immobilized soleus muscle fiber morphology. *Braz J Med Biol Res* 2004; 37: 1853-1861
- 5 Cramer JT, Housh TJ, Weir JP, Johnson GO, Coburn JW, Beck TW. The acute effects of static stretching on peak torque, mean power out, electromyography, and mechanomyography. *Eur J Appl Physiol* 2005; 93: 530-539
- 6 Decoster L C, Cleland J, Altieri C, Russell P. The effects of hamstring stretching on range of motion: A systematic literature review. *J Orthop Phys Ther* 2005; 35:377-87
- 7 Enoka RM, Stuart DG. Neurobiology of muscle fatigue. *J Appl Physiol* 1992; 72: 1631-1648
- 8 Ferreira GNT, Salmela LFT, Guimarães CQ. Gains in Flexibility Related to Measures of Muscular Performance: Impact of Flexibility Muscular Performance. *Clin J Sports Med* 2007; 17: 276-281
- 9 Franklin B, Whaley M, Howley E (eds). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2000:137–164
- 10 Gajdosik R, Lusin G. Hamstring muscle tightness. Reliability of an active-knee-extension test. *Phys Ther* 1983; 63: 1085- 1090
- 11 Gajdosik RL, Linden DWV, McNair PJ, Williams AK, Riggin TJ. Effects of an eight-week stretching program on the passive-elastic properties and function of the calf muscle of older women. *Clin Biomech* 2005; 20: 973–983
- 12 Guissard N, Duchateau J. Neural aspects of muscle stretching. *Exerc Sport Sci Rev* 2006; 34: 154-158
- 13 Harris DJ, Atkinson G. Update - ethical standards in sport and exercise science research. *Int J Sports Med* 2011; 32: 819-821

- 14 Herda TJ, Cramer JT, Ryan ED, Mchugh M P. Acute Effects of Static versus dynamic stretching on isometric peak torque, electromyography, an mechanomyography of the biceps femoris muscle. *J Strength Cond Res* 2008; 22: 809-817
- 15 Higgs F, Winter SL. The effect of a four-week proprioceptive Neuromuscular facilitation stretching program on isokinetic torque production. *J Strength Cond Res* 1999; 23: 1442-1447
- 16 Kellis E, Kouvelioti V. Agonist versus antagonist muscle fatigue effects on thigh muscle activity and vertical ground reaction during drop landing. *J Electromy and Kinesio* 2009; 19: 55-64
- 17 Kokkonen J, Nelson AG, Eldregde C, Winchester JB. Chronic static stretching improves exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39: 1825-1831
- 18 Laroche DP, Lussier MV, Roy SJ. Chronic stretching and voluntary muscle force. *J Strength Cond Res* 2008; 22: 589-596
- 19 Lee, H-M.; Liau, J-J.; Cheng, C-K.; Tan, C-M.; Shih, J-T. Evaluation of shoulder proprioception following muscle fatigue. *Clin Biomech* 2003; 18, 843-847.
- 20 Marques AP, Vasconcelos AAP, Cabral CMN, Sacco ICN. Effect of frequency of static stretching on flexibility, hamstring tightness and electromyographic activity. *Braz J Med Biol Res* 2009; 42: 949-953
- 21 Magnusson SP. Passive properties of human skeletal muscle during stretch maneuvers. *Scand J Med Sci Sports* 1998; 8: 65-77
- 22 Maragoni AH. Effects of intermittent stretching exercises at work on musculoskeletal pain associated with the use of a personal computer and the influence of media on outcomes. *Work* 2010; 36: 27-37
- 23 Marek SM, Cramer JT, Fincher AL, Massey LL, Dangelmaier SM, Purkayastha S. Acute Effects of Static and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on Muscle Strength and Power Output. *J Athl Train* 2005; 40: 94-103
- 24 Mohr M, Mujika I, Santisteban J, Randers MB, Bischoff R, Solano R, Hewitt A, Zibillaga A, Peltola E, Krstrup P. Examination of fatigue development in elite soccer in a hot environment: a multi-experimental approach. *Scand J Med Sci Sports* 2010; 20: 125-132
- 25 Mchugh MP, Cosgrave CH. To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scand J Med Sci Sports* 2010; 20: 169-181
- 26 Nobrega ACL, Paula KC, Carvalho ACG. Interaction Between Resistance Training and Flexibility Training in Healthy Young Adults. *J Strength Cond Res* 2005; 19: 842-846

- 27 Psek JA, Cafarelli E. Behavior of coactive muscles during fatigue. *J ApplPhysiol* 1993; 74: 170-175
- 28 Rancour J, Holmes CF, Cipriani DJ. The effects of intermittent stretching following a 4-week static stretching protocol: a randomized trial. *J Strength Cond Res* 2009; 23: 2217-22
- 29 Roberts JM, Wilson K. Effect of stretching duration on active and passive range of motion in the lower extremity. *Br J Sports Med* 1999; 33: 259-63
- 30 Robbins JW, Scheuermann BW. Varying Amounts of Acute Static Stretching and its Effect on Vertical Jump Performance. *J Strength Cond Res* 2008; 22: 781-786
- 31 Ruggiero MAG, Lopes VLR (eds). *Cálculo numérico, aspectos teóricos e computacionais*. São Paulo: McGraw-Hill, 1988:295
- 32 Secchi K, Moraes CP, Cimatti P, Tokars E, Gomes AR. S. Efeito do alongamento e do exercício contra resistido no músculo esquelético de rato. *Rev Bras Fisioter* 2008; 12: 228-234
- 33 Siatras TA, Mittas VP, Mameletzi DN, Vamvakoudis EA. The Duration of the Inhibitory Effects with Static Stretching on Quadriceps Peak Torque Production. *J Strength Cond Res* 2008; 22: 40-46
- 34 Shrier I. Does stretching improve performance? A systematic and critical review of the literature. *Clin J Sport Med* 2004; 14: 267-273
- 35 Terreri ASAP, Greve JMD, Amatuizzi MM. Avaliação isocinética no joelho do atleta. *Rev Bras Med Esporte* 2001; 7: 170-174
- 36 Thomas J, Nelson J, Silverman S. (eds). *Research methods in physical activity*. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2005:368
- 37 Weppeler HC, Magnusson SP. Increasing Muscle Extensibility: A matter of increasing length or modifying sensation? *PhysTher* 2010; 90: 438-449