

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

**ALONGAMENTO ATIVO EXCÊNTRICO DOS MÚSCULOS
FLEXORES DO JOELHO NA POSTURA EM PÉ: EFEITO
SOBRE A AMPLITUDE DE MOVIMENTO E TORQUE
MUSCULAR**

LUCIA HELENA BATISTA

**São Carlos – SP
2005**

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

**PARTE 1: AVALIAÇÃO DA AMPLITUDE DE MOVIMENTO DO JOELHO:
CORRELAÇÃO ENTRE AS MEDIDAS REALIZADAS COM O GONIÔMETRO
UNIVERSAL E NO DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO**

**PARTE 2: ALONGAMENTO ATIVO EXCÊNTRICO DOS MÚSCULOS FLEXORES
DO JOELHO NA POSTURA EM PÉ: EFEITO SOBRE A AMPLITUDE DE
MOVIMENTO E TORQUE MUSCULAR**

LUCIA HELENA BATISTA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Fisioterapia do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Fisioterapia, Área de Concentração em Processos de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Tania de Fátima Salvini

Co-orientador: Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão

Agência Financiadora: CAPES, FAPESP

São Carlos – SP

2005

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

B326aa

Batista, Lucia Helena.

Alongamento ativo excêntrico dos músculos flexores do joelho na postura em pé: efeito sobre a amplitude de movimento e torque muscular / Lucia Helena Batista. -- São Carlos : UFSCar, 2005.

116 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2005.

1. Exercícios terapêuticos. 2. Alongamento (fisiologia). 3. Torque muscular. 4. Alongamento excêntrico. I. Título.

CDD: 615.824 (20^a)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Luiz Batista e Leonor Miguel Ramos Batista.
Aos meus irmãos, Maria Cristina e Paulo Sérgio.

Por me apoiarem durante os momentos difíceis,
Por significarem muito para mim,

A **Deus**, por me dar saúde para enfrentar as dificuldades.

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA TESE DE MESTRADO
DE LUCIA HELENA BATISTA
APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
FISIOTERAPIA, DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, EM
28 DE FEVEREIRO DE 2005.

TITULARES:

PROF^a. DR^a. TANIA DE FÁTIMA SALVINI
ORIENTADORA
PPG-FT/UFSCAR

PROF^a. DR^a. STELA MÁRCIA MATTIELLO GONÇALVES ROSA
PPG-FT/UFSCAR

PROF. DR. JOSÉ ÂNGELO BARELA
CURSO DE EDUCAÇÃO FÍSICA/UNESP

SUPLENTE:

PROF. DR. FÁBIO VIADANNA SERRÃO
PPG-FT/UFSCar

PROF^a. DR^a. AMÉLIA PASQUAL MARQUES
CURSO DE FISIOTERAPIA/USP

AGRADECIMENTO ESPECIAL

À **PROF^a. DR^a. TANIA DE FÁTIMA SALVINI**, primeiramente, por ter acreditado em mim.

Por ter me dado oportunidades que significam e significarão muito em minha vida e que, com certeza, influenciará profundamente meu futuro.

Por ter aberto as portas, e me mostrado o caminho por onde seguir.

Agradeço pela extrema atenção nos momentos de dificuldades pessoais, sempre muito compreensiva, amiga.

Agradeço pela paciência e pelos conhecimentos partilhados.

PROF^a TANIA,

NÃO SEI COMO AGRADECER POR TUDO. SÓ SEI QUE SIGNIFICA E SEMPRE SIGNIFICARÁ MUITO PARA MIM!

MUITO OBRIGADA.

AGRADECIMENTOS

Aos voluntários que concordaram em participar deste estudo, sem os quais não seria possível sua realização. **Vocês foram tudo para mim!**

À **Paulinha** que foi o meu braço direito, a pessoa que acompanhou passo a passo de meu trabalho durante meses. Sempre presente, fazia tudo que fosse necessário, da melhor forma possível. Não tenho como agradecer sua presença, sua ajuda, seu auxílio fotográfico, seu humor, sua amizade. Muito obrigada minha querida.

À **Liliana, Léo, Dona Rosa, Kátia, Bete, Dona Antônia** e todos do Ambulatório de Fisioterapia que me acolheram durante os experimentos me auxiliando e acompanhando as dificuldades do dia-a-dia, me apoiando quando eu mais precisava, com atenção bom humor e generosidade.

Às pessoas que quiseram participar do estudo, mais eram muito alongadas, como a **Tereza**. É Tê, agradeço a você pelo interesse em participar e ajudar durante a procura dos voluntários. Tereza, minha companheira de todas as festas, obrigada.

Aos amigos do laboratório, **Thiago, Sabrina, Dório, Paulo, Jamilson, Eliane, Ana Raquel Lindquist, Karina** pelo convívio e auxílio nas dificuldades, que não foram poucas.

À **Anna Raquel e Adriana** que ultimamente foram minha estrutura, minhas amigas para tudo, para sorrir, para desabafar. Muito obrigada. Adoro vocês!

Agradeço também a todos que estiveram ao meu lado, mesmo não estando tão perto durante todo o tempo, **Rutinha, Renata, Mariana, Flávio,**

Karina, Carla (cárdio), Carla Medalha, Robson, Gustavo Pozzi, Luciana Cofiel, Flávia, Marcelo, Fabiana, Aline.

À todos os meus professores da UFSCar, que contribuíram para que eu adquirisse o conhecimento que tenho hoje.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à FAPESP, pelo apoio financeiro.

À Ana Paula, secretária do Programa de Pós-graduação em Fisioterapia da UFSCar, pela atenção, paciência e dedicação diária. Paulinha, obrigada.

Ao Prof. Dr. FÁBIO VIADANNA SERRÃO, que além de um grande amigo, aceitou participar como Co-orientador deste trabalho.

Ao Prof. Dr. JOSÉ ÂNGELO BARELA por ter aceitado em participar como membro da Banca Examinadora deste estudo.

À Prof^a Dr^a STELA MÁRCIA MATTIELLO GONÇALVES ROSA, que, além de aceitar participar como membro da Banca Examinadora, também acreditou em mim, me dando muito apoio e oportunidades. Agradeço pela atenção e amizade, sempre muito atenciosa e pronta para ouvir dúvidas e queixas pessoais e profissionais, enfim é uma das pessoas por quem sinto mais carinho.

À Prof^a Dr^a AMÉLIA PASQUAL MARQUES por ter aceitado participar como membro Suplente da Banca Examinadora deste estudo.

Ao Prof. Dr. JORGE OISHI, pela atenção, pela disponibilidade, por me ajudar a esclarecer, estatisticamente, o que os meus resultados estavam indicando. Muito obrigada.

E finalmente, a minha base, àqueles que durante anos foram e são minha sustentação, me ajudaram em todos os momentos, **minha família, Carmine, Salete e Maíra** agradeço pelo incentivo, amor, atenção e carinho.

RESUMO

A relação entre alterações na flexibilidade e torque muscular pós-alongamentos tem sido pouco explorada pela literatura. São inúmeras as técnicas e posturas de alongamento sendo utilizadas tanto nas clínicas quanto em atividades esportivas. A técnica de alongamento ativo excêntrico realizada na postura em pé, com descarga de peso no membro alongado, estão entre elas. Sendo assim, o maior conhecimento das alterações geradas após sua aplicação, dará suporte para que sejam executadas mediante evidências científicas que comprovem sua eficácia. **Objetivo:** foi avaliar o efeito de um programa de alongamento ativo excêntrico dos músculos flexores do joelho na postura em pé com descarga de peso no membro avaliado, sobre as variáveis: Amplitude de movimento (AM) de extensão do joelho, torque passivo dos músculos flexores do joelho e torque isométrico e isocinético dos músculos extensores e flexores do joelho. **Metodologia:** foram selecionados 34 voluntários, de ambos os sexos, com idade de $34,42 \pm 9,3$ anos, sedentários, saudáveis e com, no mínimo, 20° de encurtamento dos músculos flexores do joelho. Todas as variáveis estudadas foram avaliadas pré e pós-programa de alongamento, em um Dinamômetro Isocinético (Biodex Multi-joint System 3). O programa de alongamento dos músculos flexores do joelho foi realizado duas vezes por semana durante quatro semanas. Cada sessão de alongamento consistiu de sete repetições de 1min de alongamento intercaladas com 30 s de repouso. A avaliação da Amplitude de movimento e do torque passivo foram realizados passivamente. O torque isométrico e isocinético concêntrico e excêntrico dos músculos extensores e flexores do joelho, foram testados por meio de contrações voluntárias máximas Contração Voluntária Máxima (CVM) nas velocidades a $30^\circ/s$ e $60^\circ/s$. **Resultados:** demonstraram aumento na amplitude de movimento de extensão do joelho de $53,7 \pm 13^\circ$ para $30,1 \pm 16^\circ$ ($p = 0,0001$). O valor do torque passivo não alterou significativamente ($11,2 \pm 3N$ para $10,6 \pm 3N$; $p = 0,09$). O torque isométrico extensor aumentou de $178,68 \pm 67,8N$ para $187,58 \pm 73,5N$ ($p = 0,006$) e o flexor de $89,68 \pm 32,62N$ para $93,87 \pm 33,12N$ ($p = 0,01$). O torque isocinético concêntrico dos músculos extensores aumentou a $60^\circ/s$ de $144,44 \pm 51,6 N$ para $151,57 \pm 58,2N$; ($p = 0,02$) e o excêntrico a $30^\circ/s$ de $175,4 \pm 71,6 N$ para $189,9 \pm 73,8 N$; ($p = 0,01$). O torque isocinético tanto excêntrico quanto concêntrico dos músculos flexores do joelho aumentou a $30^\circ/s$ (de $100,3 \pm 34,2 N$ para $105,63 \pm 35 N$; $p = 0,01$ e de $90,7 \pm 31,7 N$ para $96,7 \pm 31,8 N$; $p = 0,001$, respectivamente). **Conclusão:** o programa de alongamento ativo excêntrico dos músculos flexores do joelho, realizado na postura em pé, foi efetivo em

aumentar a amplitude de movimento de extensão do joelho, sendo assim aumentou a flexibilidade dos flexores do joelho, embora não tenha constatado alteração no torque passivo. Também se mostrou eficaz em aumentar o pico de torque isométrico e isocinético tanto do grupo muscular submetido ao alongamento quanto do seu antagonista.

Palavras chave: alongamento excêntrico, flexibilidade, músculos flexores, joelho, AM, torque passivo, torque muscular.

ACTIVE STRETCHING PROGRAM OF THE KNEE FLEXOR MUSCLES IN A STANDING POSTURE: EFFECT ON THE ROM AND MUSCLE TORQUE

The relation between flexibility alterations and muscular torque post-stretching is not so exploited in literature. There are many stretching techniques and posture used in clinics and sportive activities. The technique of eccentric active stretching in a standing posture, with weight unloading in the stretched limb, is one of them. Thus, a better knowledge of the alterations caused after its application will provide scientific support for its usage.

Objective: To evaluate the effects of an eccentric active stretching program of the knee flexor muscles in the standing posture on the evaluated limb on: knee extension ROM, passive torque of knee flexor muscles and isometric and isokinetic concentric and eccentric torque of flexor and extensor muscles of the knee. **Methodology:** 34 healthy and sedentary volunteers, both genders ($34,42 \pm 9,3$ years) were evaluated. All of them had 20° or more knee flexor muscles shortening. The stretching program was performed twice a week, for four weeks and consisted of 7 consecutive repetitions of 1 min each one with a 30s rest between them. Knee ROM and knee torque were evaluated using an Isokinetic Dynamometer before and after four weeks of intervention. The passive torque and knee ROM were measured passively, while the isometric, concentric and eccentric torque of the flexor and extensor of the knee were measured through maximal voluntary contractions (speeds $30^\circ/\text{s}$, $60^\circ/\text{s}$).

Results: There was an increase in the knee extensor ROM from $53,7 \pm 13^\circ$ to $30,1 \pm 16^\circ$ ($p = 0,0001$). No alteration occurred in the passive torque (from $11,2 \pm 3\text{N}$ to $10,6 \pm 3\text{N}$; $p = 0,09$). The isometric extensor and flexor torque increased from $68 \pm 67,8\text{N}$ to $187,58 \pm 73,5\text{N}$ ($p = 0,006$) and from $89,68 \pm 32,62\text{N}$ to $93,87 \pm 33,12\text{N}$ ($p = 0,01$), respectively. There was a gain of knee extensor concentric torque at $60^\circ/\text{s}$ from $144,44 \pm 51,6\text{N}$ to $151,57 \pm 58,2\text{N}$ ($p = 0,02$) and knee extensor eccentric torque at $30^\circ/\text{s}$ from $175,4 \pm 71,6\text{N}$ to $189,9 \pm 73,8\text{N}$ ($p = 0,01$). There was an improvement in the flexor eccentric and concentric torque at $30^\circ/\text{s}$ (from $100,3 \pm 34,2\text{N}$ to $105,63 \pm 35\text{N}$; $p = 0,02$ and from $90,7 \pm 31,7\text{N}$ to $96,7 \pm 31,8\text{N}$; $p = 0,001$, respectively).

Conclusions: The eccentric active stretching program of the knee flexor muscles in a standing posture was effective to increase knee extension ROM, improving flexibility in the knee flexor muscles, although there was no change in the passive torque. It also improved the isometric and isokinetic peak torque from the muscle group submitted to the stretching and its antagonist group.

Key-words: eccentric stretching, flexibility, flexor muscles, knee, ROM, muscle torque, passive torque

SUMÁRIO

PARTE 1 – ARTIGO	v
PARTE 2 – DISSERTAÇÃO	vi
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
ÍNDICE DE TABELAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
1 – INTRODUÇÃO	1
2 – REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1 – Programas de alongamento.....	4
2.2 – Alterações na amplitude de movimento frente às adaptações teciduais (componentes ativos e passivos dos músculos).....	18
2.3 – Flexibilidade e força muscular	30
3 – OBJETIVO	36
4 – MATERIAL E MÉTODOS	37
4.1 – voluntários.....	37
4.2 – Equipamentos.....	38
4.3 – Procedimento.....	42
5 – ANÁLISE ESTATÍSTICA	59
6 – RESULTADOS	60
6.1 – Amplitude de movimento de extensão do joelho.....	60
6.2 – Torque passivo dos músculos flexores do joelho.....	61
6.3 – Torque isométrico dos músculos extensores do joelho.....	62

6.4 – Torque isocinético concêntrico dos músculos extensores do joelho nas velocidades a 30°/s e 60°/s.....	63
6.5 - Torque isocinético excêntrico dos músculos extensores do joelho nas velocidades a 30°/s e 60°/s.....	64
6.6 - Torque isométrico dos músculos flexores do joelho.....	65
6.7 - Torque isocinético excêntrico dos músculos flexores do joelho nas velocidades a 30°/s e 60°/s.....	66
6.8 - Torque isocinético concêntrico dos músculos flexores do joelho nas velocidades a 30°/s e 60°/s.....	67
6.9 - Valores do trabalho total das contrações concêntricas e excêntricas dos músculos extensores e flexores do joelho pré e pós-programa de alongamento nas duas velocidades avaliadas 30°/s e 60°/s.....	68
6.10 - Valores do potência média das contrações concêntricas e excêntricas dos músculos extensores e flexores do joelho pré e pós-programa de alongamento nas duas velocidades avaliadas 30°/s e 60°/s.....	69
7 – DISCUSSÃO.....	71
7.1 – Amplitude de movimento de extensão do joelho.....	71
7.2 – Torque passivo.....	75
7.3 – Torque isométrico e isocinético concêntrico e excêntrico dos músculos extensores e flexores do joelho nas velocidades a 30°/s e 60°/s.....	81
8 – CONCLUSÕES.....	94
9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96
ANEXO 1.....	105
ANEXO 2	111

ÍNDICE DE TABELAS

Página

Tabela 1: Valores do trabalho total (joules) dos músculos extensores e flexores do joelho pré e pós-programa de alongamento em duas velocidades 30°/s e 60°/s.	68
Tabela 2: Valores da potência média (Watts) dos músculos extensores e flexores do joelho pré e pós-programa de alongamento em duas velocidades 30°/s e 60°/s.	69
Tabela 3: Resumo dos valores referentes às avaliações das variáveis: amplitude de movimento de extensão do joelho, torque passivo e pico de torque isométrico e isocinético concêntrico e excêntrico dos músculos extensores e flexores do joelho nas velocidades 30°/s e 60°/s pré e pós-programa de alongamento.	70

ÍNDICE DE FIGURAS

página

Figura 1: Goniômetro universal para mensuração da AM de extensão do joelho durante a avaliação física inicial: apenas para verificar o critério de inclusão (setas)	38
Figura 2: Barra de alumínio (setas) para auxiliar o posicionamento da coluna durante os alongamentos	39
Figura 3: Acessório acolchoado acoplado ao encosto da cadeira do dinamômetro (seta)	40
Figura 4: Dinamômetro isocinético - <i>Biodex System 3</i> e acessórios: 1- módulo d e controle; 2- braço de alavanca; 3- almofada de resistência ao movimento; 4- cadeira; 5- cintos de estabilização; 6- dispositivo para que o voluntário possa parar a avaliação quando julgasse necessário.	41
Figura 5: Representação esquemática das avaliações e do programa de alongamento dos músculos flexores do joelho.	42
Figura 6: Figura ilustrativa do posicionamento do voluntário para teste de AM de extensão do joelho, com encurtamento dos flexores do quadril, sem a almofada sob o joelho (a), repare a lordose lombar formada pela anteversão do quadril e com a almofada (b), mantendo a posição a 90° do quadril e sem compensações - posição neutra do quadril.	44
Figura 7: Teste de Thomas para verificação de encurtamento dos músculos flexores de quadril (íliopsoas e reto femoral). Perceba que a região posterior da coxa do membro não avaliado está distanciada da maca e o joelho semi estendido.	44
Figura 8a: Posição inicial para avaliação da AM de extensão do joelho, repare a almofada sob o joelho não avaliado (A). Note o goniômetro (seta) braço móvel.	45

	página
Figura 8b: Posição final para avaliação da AM de extensão do joelho, repare a almofada sob o joelho não avaliado (A). Note o goniômetro (seta) braço fixo. Repare que limitação da AM de extensão do joelho foi medida entre a extensão total (considerada 0°) e a extensão máxima do joelho atingida pelo voluntário, posição final.	46
Figura 9: (a) posicionamento do voluntário estabilizado com cintos (setas) e sem o acessório; (b) posicionamento com o acessório (seta larga), mantendo a posição de 90° de flexão de quadril, repare o dispositivo na mão do voluntário (seta fina).	48
Figura 10: Posição inicial (a) e final (b) da avaliação da AM de extensão do joelho no dinamômetro isocinético. Note o dispositivo utilizado para iniciar e parar o movimento do braço de resistência mantido pelo voluntário (seta).	50
Figura 11: Teste isocinético dos músculos extensores e flexores do joelho. O movimento foi iniciado a 90° de flexão (a), perfazendo uma amplitude de movimento de extensão do joelho de 60° (b).	54
Figura 12: Posicionamento inicial para a realização dos alongamentos excêntricos.	56
Figura 13: Postura de alongamento ativo excêntrico dos músculos flexores do joelho repare que os voluntários permaneceram com os joelhos fletidos durante a realização dos alongamentos por apresentares encurtamento dos músculos flexores do joelho.	57
Figura 14 - Média de desvio-padrão da amplitude de movimento de extensão do joelho pré e pós-alongamento.	60
Figura 15 – Média de desvio-padrão do torque passivo dos músculos flexores do joelho a 60° de flexão do joelho.	61
Figura 16- Média de desvio-padrão do pico do torque isométrico dos músculos extensores do joelho pré e pós-programa de alongamento.	62

	página
Figura 17- Média de desvio-padrão do pico do torque isocinético concêntrico dos músculos extensores do joelho a 30°/s e a 60°/s.	63
Figura 18- Média de desvio-padrão do pico do torque isocinético excêntrico dos músculos extensores do joelho a 30°/s e a 60°/s.	64
Figura 19- Média de desvio-padrão do pico do torque isométrico dos músculos flexores do joelho a 30° de flexão do joelho.	65
Figura 20 - Média de desvio-padrão do pico do torque isocinético excêntrico dos músculos flexores do joelho a 30°/s e a 60°/s.	66
Figura 21- Média de desvio-padrão do pico do torque isocinético concêntrico dos músculos flexores do joelho a 30°/s e 60°/s.	67

PARTE 1 – ARTIGO

Artigo completo submetido à Revista Brasileira de Fisioterapia

AVALIAÇÃO DA AMPLITUDE DE MOVIMENTO DO JOELHO: CORRELAÇÃO ENTRE AS MEDIDAS REALIZADAS COM O GONIÔMETRO UNIVERSAL E NO DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO

L. H. Batista,¹ P. R. Camargo,¹ G. V. Aiello,¹ J. Oishi,² T. F. Salvini^{1*}

¹Unidade de Plasticidade Muscular, Laboratório de Neurociências, Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil

²Departamento de Estatística, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil

Apoio Financeiro: Esse projeto recebeu apoio financeiro da FAPESP e do CNPq. L. H. Batista é bolsista de mestrado da CAPES, P. R. Camargo é bolsista de Apoio Técnico do CNPq e G. V. Aiello é aluna de Iniciação Científica do PIBIC-CNPq.

Correspondência para o autor:

^{1*}Tania F. Salvini (e-mail: tania@power.ufscar.br)

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Fisioterapia

Rodovia Washington Luís, km 235, CEP 13565-905, São Carlos, SP, Brasil

Tel: (0055-16) 3351-8345 / Fax (0055-16) 3361-2081

Título para as páginas do artigo: amplitude articular do joelho

Title page: knee range of motion

Palavras-chave: goniômetro, dinamômetro isocinético, joelho, confiabilidade, validade, AM.

Key-words: goniometer, isokinetic dynamometer, knee, reliability, validity, ROM.

RESUMO

Contextualização: O instrumento mais utilizado pelos terapeutas para mensuração da amplitude de movimento (AM) articular é o goniômetro universal. No entanto, há carência de estudos que analisem a confiabilidade e validade das medidas da AM do joelho realizadas no dinamômetro isocinético. **Objetivo:** O objetivo deste estudo foi analisar a correlação entre as medidas de AM na articulação do joelho, realizadas com o goniômetro universal e no dinamômetro isocinético. **Método:** Foram avaliados 38 voluntários saudáveis (27 mulheres, 11 homens), com idade de 36 ± 11 anos, com limitação mínima de 20° na AM de extensão do joelho. No membro dominante de cada sujeito foram realizadas três mensurações da AM do joelho com o goniômetro e três mensurações no dinamômetro. **Resultados:** Os resultados deste estudo mostram que há alto grau de correlação entre as medidas da AM do joelho obtidas com o goniômetro universal e no dinamômetro isocinético (Coeficiente de Correlação de Pearson = 0,90). **Conclusão:** Com os procedimentos realizados, tanto o goniômetro universal como o dinamômetro isocinético podem ser utilizados para avaliação da AM do joelho, pois ambos apresentam mensurações confiáveis e válidas.

INTRODUÇÃO

A medida da amplitude de movimento (AM) articular 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. O instrumento mais utilizado pelos terapeutas para medir a AM é o goniômetro universal.¹ No entanto, há também outros instrumentos capazes de mensurar a AM, como o dinamômetro isocinético.² Nas últimas décadas houve um grande aumento no uso deste instrumento em várias áreas, dentre elas a fisioterapia, que tem se beneficiado de forma particular e significativa desta tecnologia.³ Para que o goniômetro universal e o dinamômetro isocinético possam ser correlacionados e utilizados na mensuração da AM, é necessário que ambos forneçam medidas confiáveis.

Segundo Dvir,³ confiabilidade de uma medida é a consistência entre as medidas sucessivas da mesma variável, no mesmo sujeito e nas mesmas condições. O autor cita, ainda, que há três fontes de erro que podem tornar uma avaliação não confiável: o instrumento de medida, a pessoa que ministra a avaliação e as diferentes características dos voluntários que estão sendo avaliados que é, sem dúvida, a fonte de erro mais difícil de se controlar. Considerando-se as diferenças individuais, as medidas obtidas por meio de um equipamento podem variar, sendo assim, a confiabilidade destas medidas só será confirmada após a aplicação de testes estatísticos específicos.^{3, 4, 5, 6} Cabe ressaltar, que é necessário estabelecer primeiro a confiabilidade de um equipamento como instrumento de medida, antes de verificar sua validade.³

De acordo com Currier,⁷ o significado de validade está em saber se os equipamentos medem, realmente, aquilo que se espera que eles meçam. Sendo assim, o critério de validade de um instrumento é justificado por meio da comparação das medidas realizadas com ele e outro

projetado para a mesma avaliação, desde que este tenha um padrão de medida bem estabelecido quanto ao grau de confiabilidade e validade, ou seja, instrumentos desenvolvidos que passaram por testes de suas propriedades mensurativas.^{1, 8}

A goniometria, descrita na literatura desde 1914, é amplamente usada, tanto na prática clínica quanto em pesquisas científicas, com a finalidade de medir a AM em diversas articulações. Vários experimentos examinaram o grau de confiabilidade e validade das medidas goniométricas. Alguns estudos demonstraram que a AM do joelho, medida com goniômetro universal, obteve um nível de confiabilidade de bom a excelente.⁹⁻¹⁸ Vários trabalhos concluíram serem válidas as medidas realizadas com o goniômetro universal, após terem sido correlacionadas às medidas da AM obtidas a partir de radiografia, considerada um padrão de medida bem estabelecido.^{13, 15} Sendo assim, o goniômetro universal é um instrumento com o qual se obtém medidas da AM do joelho confiáveis e válidas. Portanto, as medidas realizadas por meio deste instrumento podem ser utilizadas como parâmetro de comparação com outros instrumentos que realizem a mesma avaliação.

A AM de vários segmentos corporais também pode ser mensurada no dinamômetro isocinético, um equipamento bastante utilizado para avaliação funcional do sistema músculo-esquelético. No entanto, há carência de estudos na literatura que analisem a confiabilidade e validade das medidas da AM realizadas no dinamômetro isocinético.

Considerando que a articulação do joelho é uma das mais lesadas no ser humano, diferentes procedimentos para a mensuração de sua AM são utilizados. Tais medidas podem ser realizadas pelo terapeuta utilizando o goniômetro universal manual, ou ainda, por meio de instrumentos computadorizados, como o dinamômetro isocinético. Assim, seria importante

verificar se as medidas fornecidas por estes dois meios de mensuração apresentam correlação entre si.

O objetivo deste estudo foi analisar o grau de correlação entre as medidas de AM de extensão do joelho, realizadas pelo terapeuta com o goniômetro universal, às obtidas com o dinamômetro isocinético.

METODOLOGIA

Voluntários

Participaram deste estudo 38 voluntários saudáveis, de ambos os sexos (27 mulheres e 11 homens) com idade de 36 ± 11 anos. Como critério de inclusão, os voluntários deveriam apresentar limitação de 20° na AM de extensão do joelho¹⁷ do membro dominante, mensurado com o goniômetro universal, com o sujeito posicionado em decúbito dorsal e as articulações do quadril e joelho fletidas a 90° .¹⁶⁻¹⁹ Todos os voluntários foram informados sobre os objetivos e procedimentos do estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido conforme resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade para estudos em humanos.

Instrumentação

Para avaliar a AM de extensão do joelho foram utilizados um goniômetro universal de material plástico (Carci) e um dinamômetro isocinético (Biodex Multi-joint System 3).

Procedimentos

Medida da AM de extensão do joelho com o goniômetro universal

Com o objetivo de diminuir possíveis diferenças nas avaliações pelo terapeuta, duas fisioterapeutas foram previamente treinadas e realizaram todas as avaliações da AM do joelho com o goniômetro universal e no dinamômetro isocinético deste estudo.

Inicialmente, com os indivíduos em posição dorsal foi realizado um teste para verificar a presença de encurtamento dos músculos flexores do quadril, como descrito por Kendall,²⁰ que pode causar compensações, como a anteversão pélvica, e alterar a mensuração da AM do joelho. Assim, nos indivíduos que apresentaram encurtamento dos flexores do quadril, a articulação do joelho do membro não dominante foi fletida, com auxílio de almofadas, mantendo a pelve em posição neutra para evitar compensações (Figura 1). Para a avaliação inicial, o quadril e o joelho do membro dominante foram fletidos a 90° e o pé mantido relaxado.¹⁶⁻¹⁹ A partir desta posição, o joelho foi passiva e lentamente estendido pelo avaliador 1, enquanto o avaliador 2 certificava-se de que não estavam ocorrendo compensações. O voluntário foi orientado a relaxar durante a avaliação, particularmente quando seu joelho estava sendo estendido, e relatar o momento em que sentiu o início da tensão nos músculos flexores do joelho, que foi considerado a posição final (Figura 1). Atingida esta posição, o avaliador 1 mensurou o grau de encurtamento dos flexores do joelho, ou seja, a extensão do joelho, com o goniômetro universal (Figura 1), conforme descrito por Norkin e White.¹ A extensão completa do joelho foi considerada 0°^{16, 17} e utilizada como referência para o cálculo do grau de limitação da extensão articular do joelho.

A medida da AM extensora do joelho de cada indivíduo foi avaliada três vezes, sendo utilizada a média aritmética das três mensurações.

Medida da AM de extensão do joelho no dinamômetro isocinético

Para manter o quadril dos voluntários fletido a aproximadamente 90°, um acessório acolchoado foi acoplado ao encosto da cadeira do dinamômetro (Figura 2). Este procedimento

garantiu que o mesmo posicionamento neutro da pelve, utilizado durante a avaliação da AM do joelho com o goniômetro, fosse também mantido durante as mensurações realizadas no dinamômetro.

O voluntário foi estabilizado na cadeira do dinamômetro por meio de cintos de contenção sobre o tronco, quadril e na coxa do membro dominante avaliado (Figura 2). A seguir, o eixo mecânico de rotação do dinamômetro foi alinhado com o epicôndilo lateral do fêmur e a perna foi fixada ao braço de resistência do dinamômetro, mantendo livre a articulação do tornozelo.

Previamente à realização da avaliação, os voluntários receberam um dispositivo manual ligado ao dinamômetro (Figura 2), por meio do qual o voluntário poderia iniciar ou parar a avaliação passiva que estava sendo realizada. Em seguida, foram orientados a fechar os olhos e se manterem relaxados. Após isso, deveriam acionar o dinamômetro, por meio do dispositivo, para que o braço de resistência do equipamento começasse a estender o joelho, passivamente, à 2°/s de velocidade. Nesta fase, o voluntário deveria manter-se totalmente passivo ao movimento. Também foram orientados a parar o braço de resistência do dinamômetro, por meio do dispositivo, assim que sentissem iniciar a tensão de alongamento nos músculos flexores do joelho, para mensuração da AM extensora dessa articulação. Foram realizadas três mensurações consecutivas desse movimento e sua média aritmética foi utilizada para a análise estatística.

Análise estatística

O Coeficiente de Variação (CV) foi usado inicialmente para estimar a porcentagem de variação entre as medidas realizadas na primeira, segunda e terceira avaliação da AM extensora do joelho, obtidas com os dois instrumentos de avaliação utilizados.

A confiabilidade e a correlação das medidas da AM do joelho, realizadas com o goniômetro e no dinamômetro, foram analisadas estatisticamente por meio dos testes: Coeficiente de Variação (CV) e Coeficiente de Correlação de Pearson (CCP). A validade das medidas obtidas no dinamômetro foi analisada por meio do teste-t pareado de *Student*.

O CV foi aplicado para obter tanto a variação intervoluntários, que indica a variabilidade biológica entre um grupo de voluntários, quanto a variação intravoluntário, que indica o erro de medida de cada voluntário individualmente. Este teste estatístico foi aplicado nas mensurações da AM extensora do joelho obtidas com o goniômetro e no dinamômetro e foram analisadas separadamente. Para cada instrumento de avaliação, o CV intervoluntários foi considerado como referência para o CV intravoluntário, de acordo com Rothstein¹⁰ e Norkin & White.¹ O CCP foi aplicado para calcular a correlação entre as medidas da AM do joelho realizadas com o goniômetro e no dinamômetro. Considerou-se que CCP com valores de 0,90 a 0,99 corresponde a alta correlação, de 0,80 a 0,89 a boa correlação, de 0,70 a 0,79 a pequena correlação e valores \leq 0,69 correlação ruim.²¹

O teste-t pareado de *Student*, com nível de significância de 5%, foi utilizado para comparar as medidas da AM obtidas com o goniômetro universal e no dinamômetro isocinético e assim, verificar a validade das medidas realizadas no dinamômetro.

RESULTADOS

Com base nos resultados apresentados na Tabela 1, pode-se observar que o CV da primeira mensuração é maior que das duas últimas avaliações em ambos os instrumentos de medida, sendo ligeiramente maior no dinamômetro, embora essa diferença não seja significativa. Verifica-se também que, de modo geral, os valores do CV referentes às três avaliações realizadas no dinamômetro isocinético variaram mais que as realizadas com o goniômetro universal.

Os resultados mostram que o CV intravoluntário obtido foi menor que o CV intervalos, nos dois instrumentos de avaliação da AM articular (Tabela 2).

O Coeficiente de Correlação de Pearson indicou um alto grau de correlação (0,90; $p < 0,05$) entre as medidas obtidas com o goniômetro e no dinamômetro (Figura 3).

O teste-t pareado de *Student* mostrou que não há diferença significativa entre as medidas da AM extensora do joelho obtidas com o goniômetro e no dinamômetro ($p = 0,14$), confirmando que as medidas obtidas no dinamômetro isocinético são válidas e se correlacionam às obtidas no goniômetro universal.

DISCUSSÃO

Considerando as condições experimentais utilizadas, os resultados do presente estudo revelam que as medidas da AM extensora do joelho realizadas com o goniômetro universal têm alta correlação às obtidas no dinamômetro isocinético. Assim, as medidas da AM do joelho realizadas no dinamômetro podem ser consideradas válidas.

Verificou-se que o CV intravoluntário das medidas realizadas tanto com o goniômetro quanto no dinamômetro, foram menores que o CV intervalos. Segundo Rothstein¹⁰ e Norkin e White,¹ estes resultados indicam que as medidas da AM do joelho realizadas em ambos os instrumentos são confiáveis. Portanto, há uma alta confiabilidade das medidas realizadas tanto manualmente pelo terapeuta, com o goniômetro universal, quanto das realizadas no dinamômetro isocinético (Tabela 2).

No entanto, alguns aspectos observados necessitam ser considerados. Os resultados indicaram que há diferença entre os CV das medidas realizadas com o goniômetro e no dinamômetro (Tabela 2). O CV, intervalos e intravoluntário, das medidas obtidas no dinamômetro foram maiores do que as realizadas com o goniômetro. Segundo Norkin e White,¹

vários fatores podem alterar o grau de confiabilidade de uma medida. Tais fatores foram considerados neste estudo para que os procedimentos realizados durante a mensuração da AM extensora do joelho no dinamômetro fosse o mais próximo possível dos procedimentos de mensuração com o goniômetro, são eles: ambos os métodos de medida foram realizados pelos mesmos avaliadores, as duas formas de avaliação mantiveram a articulação do quadril fletido a aproximadamente 90°, a AM extensora do joelho foi medida de forma passiva nos dois métodos, e foram mantidos os mesmos números de repetições. Embora todos esses cuidados tenham sido tomados, com o objetivo de minimizar possíveis diferenças nos procedimentos experimentais entre as mensurações nos dois instrumentos de avaliação, observou-se que as mensurações no dinamômetro isocinético variaram mais, quando comparadas às do goniômetro universal. Esta variação pode ter ocorrido, segundo relato dos voluntários, pela maior dificuldade em sentir o início da tensão nos músculos flexores do joelho durante a mensuração da AM realizada no dinamômetro. Tal dificuldade, provavelmente, foi a causa da maior variação entre as medidas da AM obtidas neste equipamento, quando comparadas às medidas com o goniômetro universal. Esse resultado indica a necessidade de um número maior de repetições quando a avaliação da AM articular for realizada no dinamômetro isocinético. Esta sugestão é reforçada pelos resultados da Tabela 1 que mostra o CV das três avaliações referentes a cada instrumento de medida. Pode-se observar que a primeira avaliação variou mais que as subsequentes, independentemente do instrumento utilizado para a mensuração, sendo essa variabilidade maior no dinamômetro isocinético. Este resultado demonstra a necessidade de realizar familiarização prévia dos voluntários com os instrumentos de medida, particularmente com o dinamômetro.

É importante ressaltar ainda que durante a execução do presente estudo, foi verificado que 20% dos voluntários apresentaram alterações na percepção da tensão dos músculos flexores do

joelho, pois apresentaram uma variação de, aproximadamente, 22° entre as medidas realizadas com o goniômetro e no dinamômetro, enquanto os outros 80% variaram em torno de 4°. Esses voluntários foram reavaliados, utilizando-se a mesma posição de mensuração, ou seja, tanto as medidas realizadas com o goniômetro quanto no dinamômetro foram obtidas na posição sentada. A variação entre as medidas da AM de extensão do joelho passou de 22° para 6°. Diante deste resultado pode-se dizer que a grande dificuldade de percepção apresentada por 20% dos voluntários está relacionada à posição de mensuração. Sendo assim, deve-se considerar que a posição altera o grau de percepção de alguns voluntários e que esta dificuldade pode alterar a análise final, tanto de confiabilidade quanto de validade, das medidas obtidas por estes instrumentos.

Com a constatação da confiabilidade das medidas realizadas com ambos os instrumentos, foi possível, então, correlacioná-las. O valor do Coeficiente de Correlação de Pearson (CCP) encontrado, indicou um alto grau de correlação entre as mensurações obtidas nos dois instrumentos. Sendo assim, tanto o CV quanto CCP mostraram que há um alto grau de confiabilidade entre as medidas dos dois equipamentos e entre eles.

Considerando que as medidas da AM do joelho obtidas com o goniômetro universal têm um grau de confiabilidade de bom a excelente^{18,19} bem como, há estudos que concluíram serem válidas as medidas realizadas com o goniômetro universal quando comparados à radiografia,^{13, 15} os resultados do presente estudo indicam que medidas da AM extensora do joelho realizadas no dinamômetro isocinético também são válidas.

CONCLUSÃO

Tanto o goniômetro universal como o dinamômetro isocinético podem ser utilizados para avaliação da AM do joelho pois suas mensurações são válidas e confiáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. NORKIN, C. C., WHITE, D. J. Medida da amplitude de movimento articular: um guia para goniometria. Philadelphia: FA Davis Co; 1995.
2. DAVIES, G. J. A compendium of isokinetics in clinical usage and rehabilitation techniques. 4 ed. Onalaska: W. I. S & S Publishers; 1992.
3. DVIR, Z. Isocinético: Avaliações musculares, Interpretações e Aplicações clínicas. 1ª ed. São Paulo: Manole; 2002.
4. ROTHSTEIN, J. M. Clinics in Physical Therapy: Measurement in Physical Therapy. New York: Churchill Livingstone; 1985. P. 311.
5. GLEESON, N. P., MERCER, T. H. The utility of isokinetic dynamometry in the assessment of human muscle function. Sports Med 1996; 21(1): 18-34.
6. GREENFIELD, M. L. V. H., KUHN, E. J., WOIJTYS, E. M. A statistics primer: validity and reliability. Am J Sports Med 1998; 3 (26): 483-485.
7. CURRIER, D. P. Elements of Research in Physical Therapy. 2 ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1990. P. 67.
8. O'SULLIVAN, S. B., SCHMITZ, T. J. Fisioterapia avaliação e tratamento. 2 ed. São Paulo: Manole; 1993. P. 259.
9. EKSTUAND, J., WIKTORSSON, M., OBERG, B. Lower extremity goniometric measurement: the study to determine their reliability. Arch Phys Med 1982; 63: 171-175.
10. ROTHSTEIN, J. M., MILLER, P. J., ROETTGER, R. F. Goniometric reliability in a clinical setting: Elbow and knee measurement. Phys Ther 1983; 63: 1611- 1615.
11. PANDYA, S. et al. Reliability of goniometric measurements in patients with Duchenne muscular dystrophy. Phys Ther 1985; 65: 1339-1345.

12. ENWEMEKA, C.S. Radiographic verification of knee goniometry. *Scand J Rehabil Med* 1986; 18: 47-50.
13. GOGIA, P. P. et al. Reliability and validity of goniometric measurements at the knee. *Phys Ther* 1987; 67: 192-195.
14. RHEAULT, W. et al. Intertester reliability and concurrent validity of fluid-based and universal goniometers for active knee flexion. *Phys Ther* 1988; 68: 1676-1679.
15. HERRMANN, D. B. Validity study of head and neck flexion-extension motion comparing measurements of a pendulum goniometer and roentgenograms. *J Orthop Sports Phys Ther* 1990; 11: 414-420.
16. BANDY, W. D., IRION, J.M., BRIGGLER, M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther* 1997; 77: 1090-1096.
17. FELAND, J. B. et al. The effect of duration of stretching of the hamstring muscle group for increasing range of motion in people aged 65 years or older. *Phys Ther* 2001; 81(5): 1111-1117.
18. WILLY, R. W. et al. Effect of cessation and resumption of static hamstring muscle stretching on joint range of motion. *J Orthop Sports Phys Ther* 2001; 31(3): 138-144.
19. CHAN, S. P. et al. Flexibility and passive resistance of hamstrings of young adults using two different static stretching protocols. *Scand J Med Sci Sports* 2001; 11: 81-86.
20. KENDALL, F. P., McCRERY, E. K., PROVANCE, P.G. *Músculos: provas e funções*. 4 ed. São Paulo: Manole; 1995. P. 34.

21. BLECH, T. E. Measurement in physical education 1974; ed 2. Ronald Press, New York.
Cited in CURRIER, D. P. Elements of research in physical therapy. 3 ed. Baltimore:
Williams & Wilkins; 1990.

TITLE

Knee range of motion evaluation: correlation between the measures achieved with the universal goniometer and by the isokinetic dynamometer

ABSTRACT

Background: Range of motion (ROM) is frequently measured by the therapists with universal goniometer. However, there are lack of studies that analyze the reliability and validity of knee joint ROM measured by the isokinetic dynamometer. **Objective:** The purpose of this study was to analyze the correlation between the knee ROM measures realized with the universal goniometer and by the isokinetic dynamometer. **Method:** 38 healthy volunteers (27 women, 11 men), 36 ± 11 years old, were evaluated. All of them had a minimal knee extension limitation of 20° . In the dominant limb of each subject, 3 knee ROM measures were taken with the universal goniometer and other 3 measures on the isokinetic dynamometer. **Results:** The results suggest a high correlation between the knee ROM measures taken with both instruments (Pearson Coefficient Correlation = 0.90). **Conclusion:** The universal goniometer and the isokinetic dynamometer can be used to evaluate knee ROM once their measures are reliable and viable.

Key-words: goniometer, isokinetic dynamometer, knee, reliability, validity, ROM

Tabela 1: Resultados das mensurações da AM de extensão do joelho realizadas com o goniômetro universal e no dinamômetro isocinético, em 38 indivíduos.

Goniômetro Universal				Dinamômetro Isocinético		
Mensurações	1^a	2^a	3^a	1^a	2^a	3^a
X ± DP	44,5 ± 12,1°	45,0 ± 11,9°	44,9 ± 11,8°	46,3 ± 15,4°	46,6 ± 13,6°	45,8 ± 14,0°
CV	27,2%	26,4%	26,4%	33,1%	29,2%	30,6%

X = média; DP = desvio-padrão; CV = coeficiente de variação

Tabela 2: Comparação da avaliação, intervalos e intravoluntários, da AM de extensão do joelho, obtida com goniômetro universal e dinamômetro isocinético, em 38 indivíduos.

	X	DP[^]	DP[■]	CV[^]	CV[■]
Goniômetro	44,8°	10,7°	1,8°	23,9%	4,0%
Dinamômetro	46,2°	12,6°	3,7°	27,2%	8,0%

[^]intervalos, [■]intravoluntário.

X = média; DP = desvio-padrão; CV = coeficiente de variação

Figura 1: Avaliação da AM de extensão do joelho com o goniômetro universal (indicação com cabeça de seta), que indica o grau de encurtamento dos músculos flexores desta articulação. A mensuração da AM foi realizada quando o indivíduo relatou o início de tensão nos músculos flexores do joelho. Almofada (*) utilizada em indivíduos com encurtamento nos flexores do quadril do membro contralateral, para manter a pelve em posição neutra.

Figura 2: Posicionamento do voluntário na cadeira do dinamômetro: cintos de estabilização (Δ), dispositivo (seta) utilizado para iniciar ou parar a avaliação passiva, e acessório (*) para manter a articulação do quadril a aproximadamente 90° de flexão.

Figura 3: Valores do Coeficiente de Correlação de Pearson (0,90) entre as medidas da AM de extensão do joelho realizadas com o goniômetro universal e no dinamômetro isocinético, em 38 indivíduos.

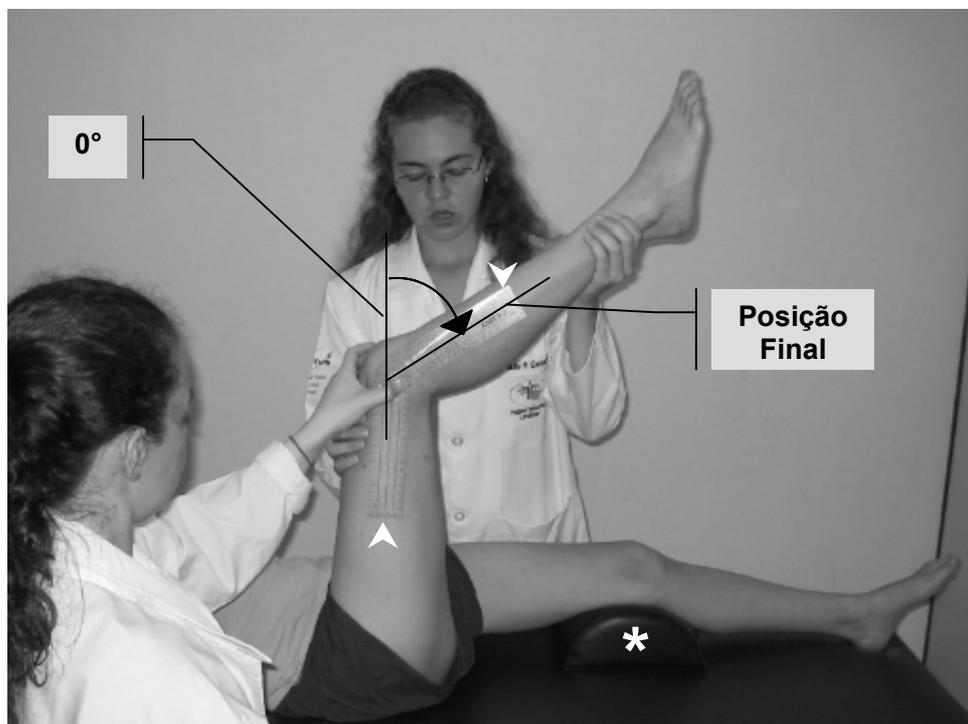
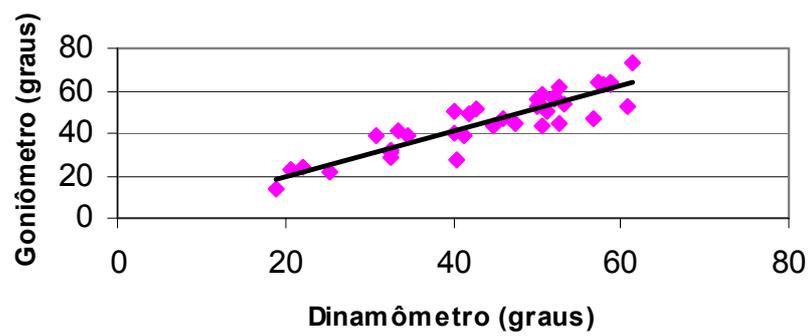


FIGURA 1



FIGURA 2

**FIGURA 3**

PARTE 2 - DISSERTAÇÃO

1 – INTRODUÇÃO

Um sistema músculo esquelético equilibrado permite uma biomecânica corporal adequada, assim sendo, os movimentos gerados tornam-se mais funcionais (Kendall, 1995).

As condições impostas por diferentes estilos de vida podem conduzir os indivíduos a adquirir posturas inadequadas que, supostamente, produzirão compensações as quais poderão afetar o alinhamento corporal causando um desequilíbrio entre as estruturas músculo esqueléticas o que, provavelmente, prejudicará sua qualidade de vida.

Dentre as conseqüências causadas pelas compensações adaptativas está a diminuição na flexibilidade muscular que, conseqüentemente, conduz a limitação na Amplitude de Movimento (AM) (Norkin e White, 1995; Alter, 1996; Kisner e Colby, 1998).

A AM é a quantidade de movimento que a articulação pode proporcionar, ao passo que flexibilidade é a capacidade das estruturas que compõem os tecidos moles que a circundam, como músculo e tecido conjuntivo, se alongarem por meio da amplitude disponível de movimento articular (Andrews et al., 2000). Portanto, para que haja uma AM normal é necessário haver flexibilidade dos tecidos moles que circundam as articulações. Assim sendo, para que possamos desempenhar a maioria das tarefas cotidianas funcionais e atividades ocupacionais é necessário que tenhamos uma AM sem restrições (Kisner e Colby, 1998).

De acordo com Durigon, 1995, o aumento na flexibilidade dos músculos, além de causar aumento na AM articular, também pode aumentar a força muscular.

Vários estudos foram realizados visando analisar as alterações na flexibilidade por meio da avaliação da AM tanto de extensão do joelho quanto de flexão do quadril (Bandy e Irion (1994; 1997); Chan et al., 2001; Feland et al., 2001a; Willy et al., 2001), na tensão de resistência passiva oferecida pelo tecido conjuntivo (Taylor et al., 1990; Halbertsma et al., 1994; 1996; Magnusson et al., 1995; 1996a; 1996b; 2000), bem como alterações na força muscular (Hortobagyi et al., 1985; Worrell et al., 1994; Guirro et al., 2001; Rosário, 2003) após aplicarem diferentes programas de alongamento nos músculos flexores do joelho. Estes programas foram elaborados a partir de diferentes variáveis, como: A) técnicas ou tipos de alongamentos (balístico, passivo, ativo e outros); B) parâmetros, como frequências (número de dias e repetições), duração (tempo do alongamento) e intensidade (baixa, progressiva) e C) posturas (deitada, sentada ou em pé).

Por meio da análise dos estudos acima citados, verifica-se que alguns autores demonstraram que as alterações na AM podem ser acompanhadas por alterações na tensão de resistência passiva do tecido conjuntivo, (avaliada como torque muscular passivo), bem como na força muscular (mensurada como torque isométrico e isocinético), em função de adaptações teciduais nos músculos esqueléticos, pós-programa de alongamento. Entretanto, autores mencionam a necessidade de novos estudos no sentido de se analisar estas alterações (Worrell et al., 1994; Halbertsma et al., 1994; 1996).

Estas mesmas pesquisas também demonstraram que os alongamentos dos músculos flexores do joelho, quando realizados na postura em pé, não foram executados com descarga de peso total no membro avaliado, mas sim realizadas com o pé do membro a ser alongado sob uma cadeira, por exemplo. E apesar da maioria das pesquisas analisarem apenas técnicas de alongamento estático passivo ou FNP, a literatura aponta a necessidade de se manter a tensão deste

grupo muscular durante os alongamentos (Moore e Hutton, 1980; Sullivan et al. 1992) para que haja melhor resposta quanto ao aumento em sua flexibilidade e, conseqüentemente, na AM das articulações envolvidas, o que caracteriza alongamentos ativos excêntricos.

A relação entre alterações na flexibilidade e torque muscular pós-alongamentos tem sido pouco explorada pela literatura. São inúmeras as técnicas e posturas de alongamento as quais estão sendo utilizadas tanto nas clínicas quanto em atividades esportivas. Dentre elas, a técnica de alongamento ativo excêntrico realizada na postura em pé, com descarga de peso no membro alongado. Sendo assim, o maior conhecimento das alterações geradas após sua aplicação, dará suporte para que sejam executadas mediante evidências científicas que comprovem sua eficácia.

Diante disto, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de um programa de alongamento ativo excêntrico dos músculos flexores do joelho realizado na postura em pé com descarga de peso no membro a ser avaliado quanto a flexibilidade (por meio da análise da AM de extensão do joelho) e torque passivo dos músculos flexores do joelho, bem como no torque isométrico e isocinético dos músculos submetidos ao alongamento (flexores do joelho) e seus antagonistas (extensores do joelho).

2 - REVISÃO DA LITERATURA

Nesta revisão serão abordados: 2.1) Os programas de alongamento (técnicas, parâmetros e posturas de alongamento dos músculos flexores do joelho) e as alterações na AM, 2.2) Alterações na AM frente às adaptações teciduais (componentes passivos e ativos) e 2.3) Flexibilidade e torque muscular.

2.1 – PROGRAMAS DE ALONGAMENTO

Muitas pesquisas têm analisado o efeito de diferentes variáveis pertencentes a um programa de alongamento (Moore e Hutton, 1980; Bandy e Irion (1994; 1997); Chan et al., 2001; Feland et al., 2001a; Willy et al., 2001; Guirro et al., 2001; Rosário, 2003). Dentre elas encontram-se: as técnicas de alongamento (balístico, global, Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva - FNP, bem como estático que pode ser realizado passivo ou ativamente); os parâmetros (frequência, duração e intensidade) e as posturas de alongamento (sentada, deitada e em pé).

Mas, antes de revisar os estudos que analisaram diferentes programas de alongamento dos músculos flexores do joelho, é necessário descrever as técnicas de alongamento mais utilizadas e mencionadas na literatura.

Descrição das técnicas de alongamento mais utilizadas

Atualmente são reconhecidas quatro técnicas de alongamento:

Alongamento balístico

Esta técnica dinâmica de alongamento é realizada a partir de repetições de saltos onde os músculos são rapidamente alongados retornando imediatamente para o comprimento inicial (Alter, 1996). O rápido movimento produzido por esta técnica pode, teoricamente, exceder o limite de extensibilidade do músculo de maneira não controlada, somando-se ao aumento de tensão causado pelo reflexo miotático (fuso muscular-ativação da fibra muscular intrafusar) podendo causar lesões (Bandy e Irion, 1994; Taylor et al., 1999). Embora esta técnica possa produzir resultados efetivos, o uso não tem sido aconselhado (Anderson e Burke, 1991; Frontera, 1999). Estudos que compararam as técnicas FNP e

balística concluíram que a FNP é mais efetiva quanto ao ganho de AM (Wallin, 1985). Tradicionalmente, parece haver acordo geral que o alongamento estático é preferível ao balístico (para maiores detalhes, ver Alter, 1996).

Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP)

Há diferentes técnicas de FNP, mas todas elas envolvem contração isométrica com o objetivo de causar relaxamento do músculo que se pretende alongar. As duas técnicas de FNP mais populares são: contrai-relaxa e contrai-relaxa agonista-contrai. As técnicas de FNP têm a vantagem de utilizar princípios neurofisiológicos como a inibição autogênica e reflexo de inibição recíproca. Inibição autogênica refere-se ao estímulo do órgão tendinoso de Golgi (OTG), localizado no tendão, pela contração realizada antes do alongamento do mesmo músculo com o objetivo de relaxá-lo. O reflexo de inibição recíproca ocorre por meio da contração do músculo agonista para induzir o relaxamento do músculo antagonista (que será alongado) como, por exemplo, contrair por alguns segundos os músculos extensores do joelho para promover o relaxamento dos músculos flexores do joelho com o objetivo de facilitar o seu alongamento (Frontera, 1999). Estas técnicas partem do princípio que um músculo mais relaxado é mais facilmente alongado promovendo, assim, maior flexibilidade e ganho de AM. Apesar da técnica FNP oferecer benefícios, dentre eles o aumento na AM, por exemplo, quando comparadas à técnica balística (Wallin, 1985), elas também tem desvantagens, pois determinados alongamentos são percebidos como mais desconfortáveis e dolorosos que o alongamento estático (Moore e Hutton, 1980; para revisão ver Alter, 1996).

Alongamento global

A idéia do alongamento global é, em vez de alongar um grupo muscular isoladamente, alongar vários músculos organizados em cadeias (Souchard, 1996; Marques, 2000), porém poucos estudos, com métodos científicos, tem sido realizados com o objetivo de comprovar a eficácia da técnica de alongamento ativo em cadeias.

Alongamento estático

Consiste em alongar o músculo lentamente até um nível de tensão tolerável e sustentar a posição por um período de tempo (Anderson e Burke, 1991; Bandy e Irion, 1994; Alter, 1996). Sua eficácia está em minimizar a ativação do fuso muscular e ativar o OTG. Segundo Shellock e Prentice (1985), é necessário manter a tensão do alongamento por um período de tempo de, pelo menos, 6s para que o OTG seja ativado e o músculo relaxado permitindo maior alongamento.

Alguns dos pontos positivos para utilização da técnica é que não requer o auxílio de uma outra pessoa e a ocorrência de lesão é improvável (Frontera, 1999). Há artigos que dividem os períodos contínuos de alongamento estático, passando a ser denominado alongamento estático cíclico (McNair et al., 2000). Enfim, o alongamento estático pode ser realizado de forma *passiva* ou *ativa*.

Para que um alongamento ocorra é necessária uma força externa (Bannerman et al. 1996), que produza o afastamento entre as regiões de origem e inserção muscular.

No alongamento passivo o músculo é alongado sem que haja contração voluntária por parte do indivíduo que está sendo alongado. Ele pode ser realizado por um terapeuta (Spernoga et al., 2001; Feland et al., 2001a), por meio de um instrumento (Gribble et al., 1999) ou, ainda, como autopostura

(Halbertsma et al., 1994; 1996; Bandy e Irion et al., 1994; 1997). Cabe ressaltar, que todas as posturas onde os alongamentos são realizados de forma voluntária são denominadas autopostura (Kisner e Colby, 1998).

Durante o alongamento ativo ocorre o que se denomina de exercício ativo excêntrico. Este exercício é caracterizado pelo alongamento voluntário do músculo juntamente com o aumento da tensão muscular, obtida por meio do aumento da contração das fibras extra-fusais (Salvini, 2000).

Segundo Souchard, (1996), os alongamentos ativos também podem ser executados sob forma de autoposturas de maneira individual ou em grupo. Sendo que, apenas no segundo caso há necessidade de supervisão. Portanto, estes exercícios podem estar sendo amplamente utilizados tanto nas clínicas quando nos esportes, pois estão divulgados em livros-texto.

Alguns estudos analisaram este tipo de exercício quanto às alterações da síntese protéica (Williams et al., 1988; Goldspink e Goldspink, 1992)

Williams et al. (1988) realizaram um experimento onde foi avaliado o efeito do alongamento com ou sem contração (gerada por eletroestimulação), sobre a alteração no número de sarcômeros. Eles dividiram os animais em três grupos: um grupo imobilizado em posição de alongamento, um com eletroestimulação (contração) e o terceiro com os dois recursos (alongamento mais contração). Os autores concluíram que o alongamento associado à contração induziu a formação de maior número de sarcômeros em série (maior síntese protéica).

Goldspink e Goldspink (1992) imobilizaram os músculos tibial anterior (TA) de coelhos em máxima flexão plantar e demonstraram que o alongamento, por si só, é um poderoso estimulante para aumentar a síntese de proteína no músculo. Mas, quando os autores associaram ao alongamento contração, induzida por eletroestimulação, o percentual de síntese protéica aumentou,

fazendo com que o músculo se adaptasse de forma, mais acentuada, ao seu novo comprimento funcional.

Moore e Hutton (1980) verificaram que os músculos que apresentaram maior tensão durante o alongamento, foram os que ganharam maior flexibilidade.

Com base nos vários artigos publicados na área, a maioria realizada com animais, o alongamento ativo excêntrico seria o mais indicado para promover o alongamento muscular, pois é o que mais rapidamente estimula adaptações no comprimento do músculo, aumentando assim sua flexibilidade (Salvini, 2000).

Com base no conhecimento das técnicas de alongamento mencionadas na literatura, cabe agora revisar os estudos que utilizaram estas técnicas, juntamente com as diferentes posturas e parâmetros, para elaborar os programas de alongamento dos músculos flexores do joelho visando analisar os resultados quanto às alterações na AM.

Técnicas, posturas e parâmetros de alongamento dos músculos flexores do joelho e alterações na AM

Muitos estudos foram realizados utilizando diferentes técnicas, posturas e parâmetros pertencentes a um programa de alongamento dos músculos flexores do joelho, com a finalidade de analisar a efetividade de cada um deles mediante a promoção da AM de extensão do joelho ou flexão do quadril, avaliadas com o goniômetro (Wallin et al., 1985; Bandy e Irion 1994; 1997; Gribble et al., 1999; Chan et al., 2001; Feland et al., 2001a; Willy et al., 2001; Guirro et al., 2001; Rosário, 2003).

Wallin et al. (1985) utilizaram duas técnicas de alongamento, FNP (contra-relaxa) e balística para alongar os músculos flexores do joelho. A

técnica contrai-relaxa foi realizada na postura em pé, com o pé do membro que foi alongado, apoiado sobre uma cadeira, quadril sem rotações (medial ou lateral) e joelho estendido. Uma vez posicionado, o voluntário foi orientado a pressionar a cadeira, tentando fletir o joelho, por 7s, com o objetivo de produzir uma contração dos músculos flexores do joelho, após relaxar e, concomitantemente, fletir o tronco até sentir tensão na região posterior da coxa e manter o alongamento por 7s, foram realizadas cinco repetições. Durante a técnica de alongamento balístico, que consiste em movimentos de alta intensidade, rápidos e contínuos, também realizado na postura em pé, os voluntários foram orientados a tentar alcançar o chão com as mãos enquanto os joelhos deveriam permanecer estendidos. Os alongamentos foram executados durante 1 min. O programa foi realizado uma vez por dia, três vezes por semana durante quatro semanas. Os resultados indicaram que, pós-programa de alongamento, a técnica contrai-relaxa mostrou-se a mais efetiva quanto ao ganho na AM de flexão de quadril, que foi de 6°. Os autores ainda mencionaram que quando os alongamentos são realizados uma vez por semana servem, apenas, para manter a flexibilidade e AM. Alter (1996) sugere que os alongamentos sejam realizados, pelo menos, duas vezes por semana para que se obtenha resultados significativos quanto ao aumento na AM.

Para analisar as alterações na AM de extensão do joelho pós-alongamentos dos músculos flexores do joelho, Bandy e Irion (1994) dividiram os voluntários em quatro grupos: o primeiro grupo alongou os flexores do joelho por 15s, o segundo 30s, o terceiro 60s, e o quarto grupo que não alongou, considerado controle. A postura utilizada para os alongamentos foi a mesma descrita no estudo anterior, somente a técnica diferiu. Durante os alongamentos estáticos os voluntários deveriam fletir o tronco, com a coluna ereta, até sentir uma tensão tolerável de alongamento na região posterior da coxa, mantendo o

tempo estabelecido para cada grupo. Este estudo revelou que 30 e 60s de alongamento dos músculos flexores do joelho foram, igualmente, eficazes em aumentar a AM de extensão do joelho.

Bandy e Irion (1997) voltaram a investigar as alterações de AM de extensão do joelho, mas desta vez utilizando diferentes tempos e frequências diárias de alongamento estático dos flexores do joelho. Os alongamentos foram realizados cinco vezes por semana durante seis semanas. Os voluntários foram divididos em cinco grupos: 1) controle que não alongou, 2) aqueles que alongaram por 60s, uma vez por dia, 3) os que alongaram 60s, três vezes por dia, 4) 30s, uma vez por dia, 5) 30s, três vezes por dia. Os alongamentos foram executados como descrito por Bandy e Irion (1994). Os autores concluíram que tanto 30s quanto 60s de alongamento uma vez por dia, são eficazes em aumentar a flexibilidade dos músculos flexores do joelho. Ambos estudos realizados por Bandy e Irion (1994; 1997), revelaram que os programas de alongamento executados foram efetivos em aumentar a AM de extensão do joelho em, aproximadamente, 11°.

Os alongamentos também foram executados por meio de instrumentos, como no experimento realizado por Gribble et al. (1999). Os autores aplicaram duas técnicas de alongamento, estático passivo e FNP (contraí-relaxa) para alongar os músculos flexores do joelho com o objetivo de avaliar a AM de extensão do joelho, que foi realizada por meio de um goniômetro. Para a realização dos alongamentos eles utilizaram um instrumento manual denominado *Flexability LE 1000*, modificado do teste SLR (Straight Leg Raising), no qual o voluntário permaneceu na postura deitada em posição supina, sendo que o membro não avaliado foi estabilizado, em extensão de quadril e joelho, por cintos de contenção. A perna (terço médio) do membro analisado foi posicionada em uma almofada do braço de alavanca do instrumento com joelho

e quadril estendidos. Durante a técnica de alongamento passivo o terapeuta moveu, manualmente, o braço de alavanca do instrumento fletindo o quadril do membro avaliado lentamente, com joelho estendido, até que o mesmo referisse uma tensão tolerável de alongamento dos músculos flexores do joelho. Permaneceu nesta amplitude por 30s voltando à posição inicial para repousar por 30s. Na técnica FNP (contra-relaxa) o mesmo procedimento foi utilizado, mas ao atingir a amplitude máxima tensão dos músculos flexores do joelho o terapeuta parou o instrumento, os voluntários permaneceram por 8s e imediatamente após foram instruídos a produzir uma contração isométrica deste mesmo grupo muscular pressionando a perna contra a almofada do braço de alavanca do instrumento por 7s, repousando por 5s na mesma posição. Na seqüência, os músculos foram, novamente, alongados até uma AM maior e suportável, na qual permaneceram por mais 10s retornando à posição inicial. Foram realizadas quatro repetições em cada técnica. O programa foi cumprido durante seis semanas, quatro vezes por semana. Os resultados indicaram que ambas as técnicas foram efetivas em promover o aumento na AM de extensão do joelho, em torno de 33°. Mas este aumento foi significativo até a quarta semana de realização do programa, alcançando um platô a partir da quinta semana. Os autores concluíram que quatro semanas de alongamento são suficientes para promover o aumento na flexibilidade dos músculos flexores do joelho e AM extensão do joelho.

No estudo realizado por Chan et al. (2001), os autores estudaram as alterações da flexibilidade dos músculos flexores do joelho em dois grupos de voluntários: um grupo alongou por quatro semanas e o outro alongou por oito semanas. Os alongamentos estáticos passivos foram realizados por ambos os grupos na postura sentada com o membro avaliado (dominante) estendido, sendo que o contra lateral permaneceu com joelho fletido e quadril abduzido. Durante a

realização dos alongamentos os voluntários foram orientados a fletir o tronco, sem dobrar o joelho, até que sentissem tensão, máxima de alongamento, porém sem dor, na região posterior da coxa do membro avaliado. O programa consistiu de cinco repetições de 30s de alongamento intercalados com 30s de repouso. Os resultados indicaram aumento na AM de extensão do joelho de 8°, não demonstrando diferença entre os grupos. Portanto, quatro semanas de alongamento dos músculos flexores do joelho promovem aumento na AM de extensão do joelho.

A resposta de pessoas idosas (65 anos em média) ao alongamento foi avaliada por Feland et al. (2001a). Eles analisaram as alterações na AM de extensão do joelho pós-programa de alongamento dos músculos flexores do joelho os quais foram realizados na postura deitada em posição supina, e a técnica de alongamento estático passivo. O quadril do membro analisado dos idosos foi lentamente fletido pelo terapeuta, com o joelho estendido, até que o voluntário referisse sensação tensão tolerável na região posterior da coxa. O membro contra-lateral também permaneceu estendido. Os voluntários foram divididos em quatro grupos: grupo controle que não alongou e os três grupos que realizaram quatro repetições de alongamentos com duração de 15, 30 e 60s, respectivamente. Os alongamentos foram realizados uma vez por dia, cinco vezes por semana, durante seis semanas. Os resultados demonstraram que 60s de alongamento dos músculos flexores do joelho uma vez por dia, foi efetivo em aumentar a AM de extensão do joelho em 49° (+2,4° por semana), o que indica a promoção da flexibilidade do grupo flexor muscular do joelho. Os autores comentam, que o tempo maior necessário para obter resposta ao alongamento de pessoas idosas, provavelmente, é o fato da ocorrência de mudanças fisiológicas decorrentes do envelhecimento como, por exemplo, maior quantidade de tecido conjuntivo nos músculos. Neste sentido, Tabary et al. 1972; Williams e

Goldspink (1984) verificaram que os músculos analisados após período subsequente à imobilização em posição encurtada, também, apresentaram maior abundância e remodelação do tecido conjuntivo. Ou seja, talvez seja possível que músculos encurtados apresentem quantidade maior de tecido conjuntivo necessitando maior tempo de alongamento. Quanto ao tempo de alongamento, Taylor et al. (1990) comenta que de dez repetições de alongamento, realizadas em seu experimento, não foi verificado aumento na flexibilidade muscular após a quarta repetição de alongamento. Diante destes dados, talvez os músculos encurtados necessitem de um número superior a quatro repetições.

De acordo com Souchard (1996), os exercícios de autopostura devem ser mantidos durante dez minutos. Mas, que tudo depende do treinamento, da resistência e da sensibilidade de cada indivíduo. Considerando tal comentário, cabe ressaltar, que em um estudo realizado por Halbertsma et al. (1996) foi realizado 10 min de alongamento dos flexores do joelho, mas este tempo foi dividido em 10 repetições de 30s de alongamento (5 min.) e 10 repetições de repouso (5 min), segundo os autores este programa é utilizado antes de atividades esportivas. Portanto, 10 min de alongamento podem ser divididos em várias repetições de alongamento intercaladas com repouso, conforme julgar necessário. Mas, não se pode deixar de salientar que este parâmetro varia muito de estudo para estudo (Gribble et al., 1999).

Na pesquisa realizada por Willy et al. (2001) os alongamentos foram executados na postura em pé, como descrito por Bandy e Irion (1994), utilizando a técnica de alongamento estático passivo, uma vez por dia, cinco vezes por semana, durante seis semanas, sendo duas repetições de 30s de alongamento intercaladas com 30s de repouso. Os resultados indicaram que, após seis semanas, houve ganho de 9° na AM de extensão do joelho.

Guirro et al. (2001) alongaram passivamente os músculos flexores do joelho utilizando a postura sentada sobre uma maca de exame, sendo que o membro inferior, submetido ao alongamento, permaneceu estendido sobre ela, enquanto o contra lateral ficou apoiado sobre um banco ao lado da maca. Foram cumpridas 15 repetições de 60s de alongamento estático passivo com 30s de descanso durante cinco semanas, três vezes por semana. Os resultados indicaram aumento de, aproximadamente, 13° na AM de extensão do joelho.

Rosário (2003) também estudou as alterações na AM de extensão do joelho mensuradas com um goniômetro pós-alongamento ativo dos músculos flexores do joelho em cadeias. O programa de alongamento foi realizado durante quatro semanas, duas vezes por semana, com duração de 30 min cada sessão. Os alongamentos foram executados utilizando duas posturas por sessão com duração de 15 min cada uma das posturas, inclusive a em pé. Os resultados indicaram aumento na AM de extensão do joelho de 23,9°.

É importante salientar que, a maioria das pesquisas científicas mencionadas, que analisaram os programas de alongamentos e as alterações na promoção da flexibilidade dos músculos flexores do joelho mediante o aumento na AM, não mencionaram o controle da posição pélvica (anteriorizada/anteversão ou posteriorizada/retroversão) durante a realização dos alongamentos (Wallin et al., 1985; Bandy e Irion 1994; 1997; Gribble et al., 1999; Chan et al., 2001; Feland et al., 2001a; Guirro et al., 2001).

Entretanto, alguns estudos analisaram a importância da posição pélvica (Sullivan et al., 1992), bem como da tensão muscular (Moore e Hutton, 1980) durante a realização dos alongamentos dos músculos flexores do joelho.

A manutenção da posição pélvica sobre a promoção da AM de extensão do joelho durante a realização dos alongamentos dos músculos flexores do joelho foi avaliada pelos pesquisadores Sullivan et al. (1992). Para isto, eles

analisaram duas técnicas de alongamento: estático passivo e FNP (contra-relaxa), com controle e sem controle da posição pélvica. Os alongamentos foram executados na postura em pé com o pé, do membro que foi alongado, apoiado sobre uma cadeira com o joelho estendido. Os voluntários foram divididos em dois grupos que realizaram as duas técnicas, sendo que em um deles os voluntários foram instruídos a manter a pelve em posição de anteversão (como se quisesse produzir uma hiperlordose lombar, mas mantendo a coluna ereta) durante o alongamento, e o outro grupo que não manteve o posicionamento da pelve, portanto, produzindo um “arco” na coluna ao alongar. O programa teve duração de duas semanas. Os resultados mostraram que o grupo que controlou a posição pélvica obteve aumento de 10° da AM de extensão do joelho quando comparado ao outro grupo (3°), mas não houve diferença significativa entre as duas técnicas em ambos os grupos. Os autores concluíram que a manutenção da posição pélvica é mais importante para a promoção da AM de extensão do joelho que as técnicas de alongamento utilizadas, e que este aumento na AM, relacionada à posição pélvica foi, provavelmente, pelo fato desta posição ter mantido um nível de tensão dos flexores do joelho, praticamente constante durante todo o tempo que durou os alongamentos.

Moore e Hutton (1980) analisaram três diferentes técnicas de alongamento estático e FNP (contra-relaxa) e (contra-relaxa agonista-contra-relaxa), com o objetivo de determinar, por meio da atividade eletromiográfica (EMG), o nível de relaxamento muscular durante o alongamento e se isto influenciaria no grau de promoção da AM. Os alongamentos foram executados na posição deitada por um *Instrumental Straight Leg Raising* (ISLR) como descrito a seguir:

- Durante o alongamento estático o braço de alavanca do aparelho fletiu o quadril do membro avaliado com o joelho estendido em uma velocidade a 1°/s,

até que o indivíduo sentisse um certo desconforto produzido pela tensão dos músculos flexores do joelho. Esta posição foi mantida por 9s.

- Para a realização da técnica contraí-relaxa o aparelho fletiu o quadril até o nível de tensão de alongamento tolerado, no qual o indivíduo foi instruído a produzir uma contração isométrica máxima dos músculos flexores do joelho por 5s relaxando imediatamente após a contração por 9s, período que o alongamento destes mesmos músculos foi realizado.
- Durante contraí relaxa agonista-contraí o procedimento inicial foi idêntico ao contraí-relaxa, mas durante a fase de relaxamento dos músculos flexores do joelho, o que seria um alongamento passivo deste grupo muscular, o indivíduo foi instruído a produzir uma contração voluntária submáxima dos músculos extensores do joelho por 9s. A EMG foi registrada, durante a realização das três técnicas, tanto nos músculos flexores quanto nos extensores do joelho. Segundo os autores, teoricamente, quanto menor o registro da EMG mais relaxado estaria o músculo durante o alongamento, portanto maior seria o ganho de flexibilidade e de AM, mas não foi isto que ocorreu.

É importante salientar, que no estudo acima descrito a análise comparativa entre as três técnicas de alongamento dos músculos flexores do joelho mostrou que a técnica contraí-relaxa agonista contraí resultou em maior atividade eletromiográfica do grupo muscular flexor do joelho na maioria dos sujeitos e, um tanto paradoxalmente, produziu o maior aumento na AM de flexão do quadril. Os autores verificaram que durante a realização da contração submáxima dos extensores do joelho, que ocorreu concomitantemente ao alongamento dos flexores, ao invés de ocorrer uma inibição recíproca (relaxamento) dos flexores, ocorreu o inverso, houve um aumento na tensão registrada eletromiograficamente (contração) dos flexores durante seu alongamento (alongado excentricamente), resultando em uma co-contração entre

os dois grupos musculares com o objetivo de estabilizar a articulação do joelho. Diante deste resultado, os autores puderam concluir que um músculo relaxado não é indicativo de ganho de AM, pois os alongamentos com alta EMG (alta tensão) foram o que promoveu maior flexibilidade.

Com base nos estudos acima citados (Moore e Hutton, 1980; Wallin et al., 1985; Sullivan et al., 1992; Bandy e Irion (1994; 1997); Gribble et al., 1999; Chan et al., 2001; Feland et al., 2001a; Willy et al., 2001; Guirro et al., 2001), pôde-se verificar que apesar da maioria das pesquisas analisar apenas técnicas de alongamento estático passivo ou FNP, a literatura aponta a necessidade de se manter a tensão dos músculos flexores do joelho durante os alongamentos para que haja melhor resposta quanto ao aumento da flexibilidade e AM. Estes dados caracterizam alongamentos ativos excêntricos. Mas, esta técnica de alongamento, apesar de obter grandes resultados, necessita ser realizada adequadamente.

A intensidade dos alongamentos é outro aspecto importante a ser considerado quando se aplica um programa de alongamento. Salvini (2000) salienta esta preocupação quando a técnica de alongamento ativo excêntrico é utilizada. De forma bem clara, expõe que esta técnica deve ser aplicada de forma lenta e progressiva, respeitando-se sempre o limite do indivíduo. Sady et al. (1982) afirmam que a realização de alongamentos, que visam a promoção da flexibilidade em longo prazo, devem ser realizados lenta e progressivamente com baixa intensidade e longa duração. Feland et al. (2001a) durante a realização de estudos com músculos flexores de joelho, estabeleceram que alongamentos de longa duração são aqueles que permanecem por um tempo superior a 30s e aqueles de baixa intensidade foram definidos como alongamentos baseados na percepção do começo do desconforto (alongamento máximo sem dor) na região posterior da coxa.

Enfim, esta revisão mostra diferentes técnicas, parâmetros e posturas que podem ser utilizados no momento da elaboração de programas de alongamento dos músculos flexores do joelho que visam aumentar sua flexibilidade e AM.

2.2 – ALTERAÇÕES NA AM FRENTE ÀS ADAPTAÇÕES TECIDUAIS - componentes ativos e passivos dos músculos

Com base na literatura citada, pôde-se constatar que os diferentes programas de alongamento utilizados promoveram alterações na flexibilidade e, conseqüentemente, na AM. E que esta promoção pode estar relacionada com diversas adaptações teciduais.

A AM de uma ou de várias articulações, saudáveis, é totalmente dependente das estruturas que compõem os tecidos moles que as circundam. O conhecimento destas estruturas e dos processos associados com a limitação da flexibilidade dos tecidos envolvidos é fundamental na elaboração e implementação dos programas destinados a aprimorar e/ou manter a AM (Andrews et al., 2000).

Diversas condições podem levar a compensações dos tecidos moles ao redor da articulação e perda subsequente da flexibilidade e AM. Estas compensações ocorrem, pois os músculos esqueléticos dos mamíferos têm alta capacidade de adaptação a diferentes demandas, ou seja, eles apresentam plasticidade.

A alta plasticidade permite aos músculos esqueléticos se adaptarem de forma a aumentar ou diminuir seu comprimento em função de diferentes estímulos como, por exemplo, períodos de imobilização e exercícios de alongamento (Salvini, 2000).

Bienfait (1989) comenta que são descritas na literatura quatro propriedades musculares: *excitabilidade, contratilidade, elasticidade e tonicidade*. Ele discorda da forma como são abordadas tais descrições, pois muitos só vêem no músculo o seu poder contrátil. Segundo este autor, não há quatro propriedades, mas sim quatro diferentes mecanismos fisiológicos de diferentes componentes anatômicos que levam ao movimento. Sendo assim, quando se fala em adaptação dos músculos esqueléticos refere-se não apenas a um componente, mas a todos. Dentre eles, cabe ressaltar dois componentes que estão relacionados às alterações da flexibilidade: os *componentes contráteis ou ativos e os elásticos ou passivos*.

Alteração na AM em função das adaptações dos componentes contráteis ou ativos dos músculos - número de sarcômeros

As respostas dos músculos em função de diferentes demandas funcionais já estão bem estabelecidas na literatura. Pesquisas científicas, realizadas com músculo esquelético de animais (mamíferos) imobilizados em diferentes posições, contribuíram, e ainda contribuem, imensamente para a melhor compreensão da maneira como os músculos se adaptam mediante as mudanças em seu estado fisiológico normal.

Como já é bem conhecido, que os componentes contráteis ou ativos dos músculos são denominados actina e miosina e pertencem ao sarcômero das fibras musculares esqueléticas. O equilíbrio entre a síntese e a degradação destas proteínas é que mantém o comprimento fisiológico das fibras musculares (Karppaka et al., 1990). Portanto, qualquer mudança na demanda funcional sobre os músculos resultará em alterações no comprimento da fibra muscular.

Em um dos primeiros estudos realizados nesta área, foi observado que o aumento no comprimento da fibra muscular, durante o crescimento pós-natal normal de mamíferos, estava associado a um grande aumento no número de sarcômeros ao longo das fibras musculares (Goldspink 1968; Williams e Goldspink 1971), em função do estímulo de alongamento, no caso o crescimento ósseo (Williams e Goldspink, 1977). Como os filamentos de actina e miosina têm comprimentos constantes, a adaptação dos músculos a diferentes comprimentos funcionais ocorre pela remoção ou adição de sarcômeros em série nas fibras musculares, particularmente nas que se localizam próximas às duas extremidades miotendíneas dos músculos (Tabary et al.,1972; Williams e Goldspink, 1973; 1978 Tabary et al 1972; Williams e Goldspink 1973; 1978; Tidball et al.,1998; Koh e Herzog, 1998; Koh e Tidball, 1999).

O trabalho realizado por Tabary et al. (1972) foi de fundamental importância para se entender o mecanismo da adaptação dos músculos esqueléticos aos diferentes graus de extensão. Estes pesquisadores estudaram o mecanismo de adaptação do músculo sóleo de gatos à imobilização em posição de encurtamento durante quatro semanas. Os resultados indicaram que houve redução de 40% no número de sarcômeros em série. Após quatro semanas da retirada da imobilização, os músculos foram reavaliados. Os resultados indicaram que eles foram capazes de reajustar-se rapidamente ao seu comprimento normal. Segundo Salvini (2000), este resultado indica que músculos encurtados adaptam-se rapidamente de acordo com a demanda funcional, Neste caso, a própria marcha produziu no músculo sóleo o estímulo necessário ao seu alongamento.

As adaptações no músculo sóleo quando imobilizados em posição de alongamento também foram investigadas por Tabary et al. 1972, que verificaram aumento de 20% no número de sarcômeros em série. Isto demonstra que quando

o músculo é alongado ele é capaz de aumentar seu comprimento em função do aumento na síntese de proteínas. Mas, esta constatação ocorreu mediante uma análise realizada por um tempo consideravelmente longo de imobilização (quatro semanas).

Coutinho (2003) e Coutinho et al. (2004) analisaram o efeito do alongamento estático passivo sobre o músculo sóleo de ratos, quanto às mudanças no número de sarcômeros e no comprimento muscular, após submetê-los a alongamentos durante 40 min a cada 72h por 21 dias. Os resultados indicaram que o músculo sóleo apresentou aumento tanto no número de sarcômeros em série quanto em seu comprimento. Portanto, sessões de alongamentos intermitentes também podem induzir adaptações no número de sarcômeros, bem como no comprimento muscular e conseqüentemente na flexibilidade.

Diante destes dados, pressupõe-se que músculos encurtados, ao serem submetidos ao estímulo de alongamento, sofrem alterações adaptativas que resulta no aumento de sua flexibilidade e conseqüentemente AM articular.

Cabe mencionar, que estas alterações adaptativas apenas têm sido confirmadas em músculos de animais. Se tais adaptações ocorrem nos músculos humanos ainda não é conhecido, pois não foram, ainda, devidamente estudadas em seres humanos (Gajdosik et al., 2001; Chan et al., 2001).

Alteração na AM em função da adaptação dos componentes elásticos ou passivos dos músculos - tecidos conjuntivo

Como já mencionado, os músculos não são formados apenas pelos componentes ativos, mas também por componentes passivos, o tecido conjuntivo. O tecido conjuntivo é composto, basicamente, por dois tipos de

fibras (colágeno e elastina) e substância fundamental amorfa. O comportamento mecânico do tecido conjuntivo que envolve os músculos e compõe os tendões, é determinado pela proporção de suas fibras e pela sua estrutura (Junqueira e Carneiro, 2003).

As estruturas das fibras pertencentes ao tecido conjuntivo são mantidas por meio de elos cruzados que têm como função unir suas moléculas. Quanto mais elos cruzados menos elástico e mais rígido será o tecido conjuntivo (Alexander, 1988). Segundo Alter (1996), o número de elos cruzados relaciona-se com a renovação do colágeno que está continuamente sendo produzido e decomposto. Shephard (1982) afirma que o exercício pode diminuir o número de elos cruzados do tecido conjuntivo, pois aumenta a taxa de renovação do colágeno, alteração que, conseqüentemente, proporcionará maior flexibilidade a ele. De acordo com Cummings e Tillman (1992), o único modo de aumentar a flexibilidade deste tecido é pela da remodelagem de sua arquitetura básica.

Muitos estudos estão sendo realizados com a finalidade de analisar as alterações causadas no tecido conjuntivo dos músculos submetidos ao alongamento. Taylor et al. (1980) defendem que a queda na tensão de resistência passiva do tecido conjuntivo, pós-programa de alongamento, está diretamente relacionada à magnitude da tensão total muscular mantida durante os alongamentos. Segundo Mandding et al. (1987) e Chan et al. (2001), um efeito esperado do pós-alongamento é a redução na tensão de resistência passiva oferecida pelo tecido conjuntivo.

O tecido elástico passivo reveste todo o músculo e se une ao tendão por meio da junção miotendínea. É encontrado no sarcolema das fibras musculares e ao redor do músculo, incluindo o endomísio, perimísio e epimísio (Alter, 1996; Hamill e Knutzen, 1999). Ele é responsável pela tensão passiva de repouso do músculo, pois se removermos o músculo do corpo ele reduzirá seu comprimento

passivamente (Garamvolgyi, 1971). Isto significa que os músculos estão sob tensão mesmo quando em repouso.

Este componente também tem um papel primordial quando um músculo está sendo alongado passivamente, pois proporciona a maior parte da resistência ao alongamento (Mchugh et al., 1992). A fibra muscular, propriamente dita, não tem papel significativo no alongamento muscular passivo (Alter, 1996; Hamill e Knutzen, 1999).

É muito importante entender que o músculo não é uma estrutura puramente elástica. Se o músculo se comportasse como um elástico, toda vez que fosse alongado, independentemente do tempo de manutenção do alongamento ele sempre voltaria ao seu comprimento original. Também não reage como uma estrutura puramente viscosa, como por exemplo, o plástico, onde a razão de alongamento (deformação) é proporcional à força aplicada e depois de alongado não mais retorna ao seu comprimento original, sofrendo deformação permanente. O músculo combina estas duas propriedades, elástica e viscosa, apresentando um *comportamento viscoelástico*.

Quando um músculo é alongado o componente elástico passivo oferece uma força de oposição (resistência) com o objetivo de impedir que os componentes contráteis sejam exageradamente tracionados (Garamvolgyi, 1971). Esta *tensão de resistência passiva* responde de forma não linear, ou seja, pouca tensão é desenvolvida no início do alongamento aumentando progressivamente caso o alongamento continue. A permanência do músculo em um comprimento constante, por um certo período de tempo, resultará em um *relaxamento do estresse viscoelástico* em resposta à queda da tensão de resistência passiva. Após a realização de um programa de alongamento, ou até mesmo um único alongamento, esta queda na resistência pode permanecer, aumentando, assim, a flexibilidade do músculo.

Tensão de resistência passiva

Parte das pesquisas que estudam a promoção na flexibilidade e AM está voltada para a análise das alterações na tensão de resistência passiva em função de mudanças nas propriedades viscoelásticas do tecido conjuntivo, após a realização de diferentes programas de alongamento. Esta análise pode ser realizada por meio de instrumentos como, por exemplo, o dinamômetro isocinético, que permite mensurar indiretamente e passivamente as alterações na resistência oferecida pelo tecido conjuntivo, pré e pós-alongamentos, nos fornecendo o torque passivo (Nm) de flexão do joelho.

Alguns estudos, por meio da análise do torque passivo, em curto prazo, atribuíram o aumento na AM a alterações nas propriedades viscoelásticas do tecido conjuntivo (Taylor et al., 1990; Magnusson et al., 1995; 1996 a; 2000).

Taylor et al. (1990) verificaram que o aumento na flexibilidade dos músculos de mamíferos, pós-alongamentos, ocorre como resultado das alterações nas propriedades viscoelásticas, pois a tensão de resistência diminui após a realização de cada alongamento, em virtude do relaxamento do estresse viscoelástico do tecido conjuntivo.

É importante salientar o procedimento de avaliação, no dinamômetro, utilizado por Magnusson et al. (1995), pois foi aplicado em outros estudos realizados por estes autores e mencionados nesta revisão. Eles avaliaram o torque passivo dos músculos flexores do joelho utilizando um dinamômetro isocinético no qual os voluntários foram alongados e avaliados na postura sentada na cadeira pertencente ao equipamento. Apenas o membro avaliado foi estabilizado no braço de alavanca do instrumento, sendo que o contra lateral ficou livre. Os alongamentos ou avaliações consistiram de uma fase dinâmica e uma estática. Durante a fase dinâmica, o joelho foi passivamente estendido, a

velocidade de 5°/s, por meio do braço de alavanca do instrumento, até a AM de extensão do joelho final, que foi estabelecida antes de iniciar os alongamentos mediante a sensação de tensão máxima tolerável, sem dor, de alongamento dos músculos flexores do joelho de cada voluntário. Após ter alcançado esta AM final, o braço de alavanca do aparelho parou, registrou o torque passivo e manteve estático por mais 90 s, fase estática da avaliação, registrou novamente o torque passivo. Portanto, o valor considerado do torque passivo foi a diferença entre o final da fase dinâmica, assim que o dinamômetro parou, e o final da estática, depois de 90s. Foram realizadas seis repetições de alongamento, sendo que a 6ª repetição foi executada 1 hora após o término da realização das outras cinco. Os resultados indicaram que houve uma queda total de 29% no torque passivo dos músculos flexores, bem como queda no torque passivo após cada alongamento, com efeito, no alongamento subsequente. Os autores também observaram que a diminuição no torque passivo foi significativa apenas durante os primeiros 45s de alongamento em todas as repetições. Também observaram que a queda no torque passivo, sobre as cinco primeiras repetições, permaneceu evidente após 1 hora. Os autores puderam concluir que esta diminuição no valor do torque passivo foi devido a uma resposta puramente viscoelástica do tecido conjuntivo, já que em momento algum durante as avaliações houve atividade eletromiográfica (tensão ativa) no grupo muscular estudado.

Magnusson et al. (1996 a) examinaram o torque passivo dos músculos flexores do joelho de indivíduos normais e com paralisia dos membros inferiores, por meio de um único alongamento (uma fase dinâmica e uma estática), realizado no dinamômetro como descrito por Magnusson et al. (1995). Os resultados indicaram que houve diminuição no torque passivo após a fase estática (90s), em torno de 33 - 38%, não havendo diferença entre os voluntários normais e os paraplégicos. A EMG também foi igual para ambos. Diante destes

resultados os autores puderam concluir que os voluntários normais reagiram da mesma forma que os que apresentavam paralisia, confirmando que a queda no torque passivo foi puramente viscoelástica.

Magnusson et. al. (2000) também por meio da dinamometria, como descrito por Magnusson et al. (1995), os autores investigaram a alteração do torque passivo dos músculos flexores do joelho após três repetições de 45s de alongamento (fases estáticas com duração de 45s) e 30s de repouso entre elas. Os resultados indicaram que 45s de alongamento é o suficiente para causar diminuição no torque passivo de 18 - 20%, mas esta queda permaneceu por um curto período de tempo de, pelo menos 30s que foi o tempo entre um alongamento e outro. Os autores concluíram que 45s de alongamento estático altera o torque passivo, mas não o do alongamento subsequente.

Estes estudos demonstraram que existem alterações imediatas no torque passivo dos músculos flexores do joelho após um único ou repetidos alongamentos estáticos. Estes resultados foram atribuídos às mudanças viscoelásticas do tecido conjuntivo.

Há autores que discordam que a diminuição no torque passivo, pós-alongamentos, seja provocada por alterações nas propriedades viscoelásticas, por acreditarem que a queda no torque ocorra em virtude de alterações na tolerância do indivíduo ao alongamento (Halbertsma et al., 1994; 1996; Magnusson et al., 1996 b) ou ainda que as alterações nas propriedades viscoelásticas ocorrem em função do tempo de alongamento realizado (Chan et al., 2001).

Halbertsma et al. (1994; 1996) avaliaram o torque passivo dos músculos flexores do joelho pré e pós dois programas de alongamento, um com duração de quatro semanas (longo prazo) e o outro realizado por apenas dez minutos de alongamento (curto prazo), respectivamente. Estas avaliações foram executadas em um *Instrumental Straight Leg Raising* (ISLR), mas com um protocolo

diferente do utilizado por Moore e Hutton (1980). Durante esta avaliação, os voluntários permaneceram deitados em posição supina enquanto o instrumento, por meio de um braço de alavanca, fletia passivamente o quadril do membro analisado, a uma velocidade de 5°/s, até que os voluntários sentissem tensão de alongamento dos músculos flexores do joelho. Nesta avaliação os voluntários poderiam parar o braço de alavanca do ISLR, por intermédio de um dispositivo ligado a ele, permitindo que fosse registrado a AM alcançada, bem como o torque passivo. O torque passivo, neste estudo, foi avaliado em duas AM de flexão do quadril, ou seja, duas fases dinâmicas: 75% da AM final (igual para todos pré e pós-alongamentos), neste caso os voluntários não tiveram o controle do braço de resistência, pois a AM já tinha sido programada, e na AM final (*de acordo com a sensação de tensão máxima tolerável (desconforto/dor) de cada um*) com controle do movimento do braço por meio do dispositivo. Os resultados indicaram que a AM final, mediante a sensação de desconforto, de flexão do quadril aumentou, mas o torque passivo a 75% da AM final não foi alterado. A EMG também não mudou durante os testes passivos, a não ser uma atividade irregular durante a sensação de desconforto na AM final. Em ambos os estudos, em curto e em longo, a resposta do torque passivo foi a mesma. Diante dos resultados obtidos, os autores concluíram que seja o programa de alongamento realizado em curto ou em longo prazo, não há alterações do componente viscoelástico, ou seja, queda de tensão passiva, mas o aumento na AM de flexão de quadril ocorreu pelo aumento na tolerância do indivíduo ao alongamento. O mecanismo responsável por esta resposta é ainda desconhecido. De acordo com os autores, não há uma relação entre queda de tensão de resistência passiva e aumento na flexibilidade. Cabe mencionar que em ambos os estudos o aumento na AM final de flexão do quadril foi cerca de 8°.

Magnusson et al. (1996 b) voltaram a investigar as alterações no torque passivo dos músculos flexores do joelho pré e pós-programa de alongamento, o qual foi realizado duas vezes por dia durante 20 dias (três semanas) e consistiu de 5 repetições de 45s de alongamento intercalados com 30s de repouso. Os alongamentos foram realizados na postura sentada como descrito por Chan et al. (2001). Os voluntários foram submetidos a duas avaliações: a primeira avaliação consistiu de uma fase dinâmica e uma estática (90s), como descrito por Magnusson et al. (1995). A segunda avaliação consistiu somente de uma fase dinâmica em que braço do dinamômetro estendeu passivamente o joelho do voluntário a 5°/s até que o voluntário sentisse tensão máxima tolerável (desconforto/dor) de alongamento dos flexores. Nesta AM o voluntário parou o braço de alavanca, por meio de um dispositivo, permitindo o registro da AM de extensão do joelho. Ou seja, a AM final desta avaliação dependeu da sensação de tensão de cada voluntário. Os resultados indicaram que após três semanas de alongamento não houve queda no torque passivo durante a fase estática da primeira avaliação, ou seja, o torque alcançado no final da fase dinâmica foi igual ao alcançado após os 90s de alongamento, fase estática. Segundo os autores, este resultado indicou que não houve alteração nas propriedades viscoelásticas do tecido conjuntivo pós-alongamentos. No entanto, durante a segunda avaliação, que consistiu somente de uma fase dinâmica, cuja AM final foi dependente da sensação de desconforto/dor de cada voluntário, a AM de extensão do joelho aumentou. Em ambos os testes não foram registrados alteração da EMG dos músculos flexores do joelho. Considerando destes resultados os autores puderam concluir que apesar de ter ocorrido promoção na flexibilidade dos músculos flexores do joelho, pois aumentou AM de extensão do joelho, o torque passivo não mudou. Os autores atribuíram o aumento na AM

de extensão do joelho ao aumento na tolerância dos voluntários ao alongamento e não a alterações viscoelásticas do tecido conjuntivo.

Chan et al. (2001) também estudaram as alterações no torque passivo pré e pós-programa de alongamento, de quatro e oito semanas, dos músculos flexores do joelho, como já descrito por este mesmo autor. As mensurações foram realizadas com um dinamômetro por meio de uma fase dinâmica após cada programa de alongamento. Os resultados indicaram que o torque passivo e a AM de extensão do joelho, de acordo com a sensação máxima tolerável, aumentaram após a quarta semana, em relação ao pré-alongamento, sendo que após oitava semana o torque passivo diminuiu quando comparado à quarta semana avaliada na mesma AM de extensão do joelho, pois não houve diferença significativa nas duas AM analisadas após os dois programas de alongamento. Estes dados demonstram que, talvez, seja necessário um número maior de semanas de alongamento para que haja alteração nas propriedades viscoelásticas do músculo alongado. Diante dos dados expostos, os autores concluíram que o aumento da AM e, conseqüentemente, do torque passivo, como resultado do peso da perna, após a quarta semana, ocorreu em virtude do aumento na tolerância ao alongamento, e que somente após oito semanas de alongamento houve melhora efetiva na flexibilidade em função da adaptação do tecido conjuntivo viscoelástico. Os autores ainda comentam que, se o objetivo do programa de alongamento é ganho de flexibilidade quatro semanas são suficientes, mas se o objetivo é obter queda do torque passivo mediante alterações nas propriedades viscoelásticas é indicado realizar oito semanas de alongamento dos flexores do joelho.

Cabe ressaltar que, de acordo com Alter (1996) e Magnusson et al. (1996 b) as mudanças estruturais ou químicas que ocorrem nos tecidos pós-alongamentos, ainda não estão totalmente esclarecidas. Pesquisa adicional é

necessária para quantificar como o alongamento terapêutico atua sobre o componente viscoelástico dos tecidos moles.

2.3 - FLEXIBILIDADE E FORÇA MUSCULAR

De acordo com Durigon (1995), os programas de alongamento são capazes de aumentar a flexibilidade e força muscular.

Força muscular é definida como a capacidade de um músculo em gerar tensão ativa. O aumento na força muscular pode ocorrer em função de vários determinantes, dentre eles o comprimento muscular (Kisner e Colby, 1998; Hamill e Knutzen, 1999; Lehmkuhl e Smith 2000; Wilmore e Costill, 2001).

Como já citado anteriormente, o aumento no comprimento muscular (flexibilidade) que, como consequência, gera ganho na AM, pode acontecer devido ao aumento no número de sarcômeros em série (Tabary et al., 1972), por alterações nas propriedades viscoelásticas do tecido conjuntivo (Taylor et al., 1990; Magnusson et al., 1995; 1996 a; 2000) ou até pelo aumento da tolerância ao alongamento (Halbertsma et al., 1994; 1996; Magnusson et al., 1996 b).

Segundo Williams e Goldspink (1978) o aumento no número de sarcômeros, após um período de imobilização em posição de alongamento, ocorre a fim de manter o seu comprimento funcional ideal para que seja possível uma sobreposição ótima entre os filamentos de actina e miosina. De acordo com as bases morfofuncionais da relação tensão-comprimento, esta adaptação permite ao músculo gerar maiores níveis de tensão mediante ao novo comprimento funcional, principalmente em ângulos específicos dentro de uma AM.

Algumas pesquisas têm sido realizadas para analisar a relação entre flexibilidade e geração de maiores níveis de torque isométrico pós-programas de alongamento dos músculos flexores do joelho (Guirro et al., 2001; Rosário, 2003).

Guirro et al. (2001) estudaram as respostas dos músculos flexores do joelho, pós-programa de alongamento, quanto à flexibilidade e força muscular isométrica (Kgf) em três ângulos (30, 90 e 120°) de flexão do joelho, pré e pós cinco semanas de alongamento. Os dados apontaram que houve aumento na AM de extensão do joelho e na força isométrica dos músculos flexores do joelho nos três ângulos estudados. Foi constatada, ainda, uma correlação positiva entre o comprimento muscular e a força desenvolvida, tendo em vista que a maior força alcançada foi a 30° de flexão de joelho, e em comprimentos (ângulos) maiores a força muscular atingiu valores progressivamente menores. Os autores concluíram que o aumento na força isométrica, pós-alongamento, ocorreu em função do aumento na flexibilidade (comprimento no músculo) e foi justificado como sendo devido a uma melhor relação tensão-comprimento dos sarcômeros das fibras musculares.

Rosário (2003) pesquisou a influência de duas técnicas de alongamento dos flexores do joelho, passivo (alongamentos segmentar) e ativo (alongamento global), sobre a força muscular isométrica deste grupo muscular e a AM de flexão do joelho. Os resultados indicaram que tanto a AM quanto a força muscular aumentaram nos dois grupos alongados em relação ao grupo controle, porém não houve diferença significativa entre os grupos alongados. Neste estudo, as duas técnicas mostraram-se eficazes quanto ao ganho de AM e força isométrica quando comparado ao grupo controle, segundo o autor, o incremento da força ocorreu devido à energia potencial elástica obtida pelo aumento na flexibilidade.

É importante colocar que o aumento na força muscular pode ser resultado do incremento proporcionado pelo tecido elástico do músculo (Kisner e Colby, 1998; Hamill e Knutzen, 1999; Lehmkuhl e Smith (2000); Wilmore e Costill, 2001).

Segundo Alter (1996), quando um músculo é alongado seus componentes elásticos, paralelo e em série têm a capacidade de armazenar energia potencial elástica e quanto maior seu comprimento (flexibilidade) maior quantidade de energia é capaz de armazenar. Se imediatamente após este alongamento houver uma contração concêntrica, esta energia armazenada será então liberada aumentando a força de contração do músculo (Frontera, 1999). Portanto, o aumento na flexibilidade pode aumentar a vantagem mecânica muscular (Whiting, 2001).

Durigon (1995) ressalta que este aumento na força se trata de um incremento da capacidade contrátil do músculo por intermédio de um mecanismo de aproveitamento da energia elástica o que não se traduz, necessariamente, em força muscular ativa propriamente dita. Isto significa que o aumento na flexibilidade possibilita melhor rendimento ao músculo.

A análise do aumento na força muscular, em função do aumento na flexibilidade, não foi realizada apenas durante contrações isométricas, mas também durante as contrações concêntricas (que ocorre quando o músculo ativo sofre um encurtamento enquanto vence uma resistência externa) e excêntricas (ocorre quando o músculo ativo sofre um alongamento enquanto é vencido por uma resistência externa) (Dvir, 2002). Poucos estudos têm avaliado a influencia do aumento na flexibilidade, pós-programa de alongamento dos músculos flexores e extensores do joelho, na performance muscular concêntrica e excêntrica (Hortobagyi et al., 1985; Worrell et al., 1994).

Hortobagyi et al. (1985) pesquisaram os efeitos de alongamentos passivos dos músculos flexores do joelho sobre sua flexibilidade e as alterações no torque e velocidade das contrações concêntricas dos músculos extensores do joelho. O programa de alongamento foi realizado durante sete semanas, três vezes por semana utilizando várias posturas de alongamento (em pé e deitada). As avaliações pré e pós-programa de alongamento foram executadas por meio de um dinamômetro no qual foram exercidas três Contrações Voluntárias Máximas (CVM) dos músculos extensores do joelho, com 1 min de descanso entre elas, por uma AM de 50°. Para isto, utilizaram várias cargas (2,5kg) que foram acopladas ao instrumento, progressivamente (0 a 5 cargas). Os resultados indicaram que houve aumento na flexibilidade dos flexores do joelho. O torque concêntrico dos extensores não alterou, mas a velocidade das contrações aumentou. Assim, parece que o aumento da flexibilidade dos músculos antagonistas também pode aumentar a velocidade de contração dos agonistas sem alterar o torque máximo exercido por eles. Ou seja, um grupo muscular pode influenciar o desempenho do outro quando atuam conjuntamente. Este dado é confirmado por Enoka (2002) o qual relata que o aumento na flexibilidade dos flexores do joelho contribui para o aumento na força dos músculos extensores.

Cabe ressaltar, que a performance muscular é medida por meio de vários parâmetros como, por exemplo, torque isométrico (performance estática), torque isocinético (performance muscular dinâmica), bem como trabalho contrátil e potência contrátil ou média.

O trabalho contrátil total segundo Dvir (2002), é a medida do trabalho realizado pelos músculos sob teste e que pode ser representado pelas áreas sob a curvas torque x tempo. Potência média é a medida da quantidade de trabalho realizado por tempo, ou seja, é o tempo gasto para realizar trabalho. Segundo

Enoka (2002), dando ao músculo impulso neural adequado, os principais determinantes da produção de potência são: o número de fibras musculares ativadas e a velocidade com que os miofilamentos podem converter energia química em trabalho mecânico (contração muscular).

Worrell et al. (1994) verificaram que após submeter os músculos flexores do joelho a um programa de alongamento que foi realizado durante três semanas, cinco dias por semana e na postura em pé como descrito por Bandy e Irion (1994). As avaliações do torque, pré e pós-alongamentos, foram realizadas em um dinamômetro Biodex com um protocolo que consistiu de três Contrações Voluntárias Máximas (CVM), excêntrica-concêntrica, em uma AM de 90°. Houve aumento no torque excêntrico e concêntrico dos músculos flexores do joelho (a 60°/s, 120°/s e 60°/s, respectivamente). Este autor deixa bem claro que pouquíssimos estudos são encontrados no sentido de relacionar aumento na flexibilidade e performance muscular. Achour (1995) também menciona que as pesquisas realizadas a respeito do alongamento e sua contribuição significativa no desempenho de força, são escassas.

Por meio da análise destes estudos, pôde-se verificar que alguns autores demonstraram que o aumento na AM, consequência do aumento na flexibilidade muscular, pós-alongamentos, pode ser acompanhado por alterações no torque muscular passivo, bem como no torque isométrico e isocinético em função de adaptações teciduais nos músculos esqueléticos. Entretanto, há necessidade de novas pesquisas neste sentido (Worrell et al., 1994; Achour, 1995; Magnusson et al., 1996 b). Também demonstraram que os alongamentos, quando realizados na postura em pé, não foram executados com descarga de peso no membro avaliado. E apesar da maioria das pesquisas analisarem apenas técnicas de alongamento estático passivo ou FNP, a literatura aponta a necessidade de se manter a tensão dos músculos flexores do joelho durante o alongamento para que

haja melhor resposta quanto ao aumento da flexibilidade e AM. Estes dados caracterizam alongamentos ativos excêntricos.

São inúmeras as técnicas e posturas de alongamento as quais estão sendo utilizadas tanto nas clínicas quanto em atividades esportivas. Dentre elas, a técnica de alongamento ativo excêntrico realizada na postura em pé, com descarga de peso no membro alongado. Sendo assim, o maior conhecimento das alterações geradas após sua aplicação, dará suporte para que sejam executadas mediante evidências científicas que comprovem sua eficácia.

3 – OBJETIVO

Mediante as considerações expostas, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de um programa de alongamento ativo excêntrico dos músculos flexores do joelho realizado na postura em pé com descarga de peso no membro avaliado quanto às alterações: na amplitude de movimento (AM) de extensão do joelho, no pico de torque passivo dos músculos flexores do joelho, bem como no pico de torque isométrico e isocinético concêntrico e excêntrico de ambos os grupos musculares, flexores e extensores do joelho em duas velocidades 30°/s e 60°/s.

4 - MATERIAL E MÉTODOS

4.1 - Voluntários

Participaram desta pesquisa 34 voluntários, de ambos os sexos com idade de $34,42 \pm 9,3$ anos, selecionados por meio de avaliações conforme ficha em anexo (Anexo 1). Estes foram esclarecidos quanto ao procedimento que seriam submetidos e assinaram um termo de consentimento (Anexo 2). O desenvolvimento deste projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética para Estudos Humanos da Universidade Federal de São Carlos –UFSCar (Anexo 3) e foi conduzido de acordo com o Conselho Nacional de Saúde, Resolução 196/96.

4.1.1 - Critérios de inclusão

- Os voluntários não deveriam apresentar qualquer história prévia de cirurgia, lesão ou dor no sistema ósteomioarticular nas articulações do quadril, joelho e tornozelo no membro inferior dominante, bem como não ser portador de doenças cardiovasculares e/ou outras;
- Apresentar, no mínimo, 20° de limitação na AM de extensão do joelho (Feland et al. 2001a; 2001b) no membro dominante mensurado com o goniômetro;
- Ser sedentários ou realizar atividades aeróbias de baixa intensidade como caminhada. Além disso, não iniciar nenhum programa de treinamento físico durante o período deste estudo.

4.2 – Equipamentos

4.2.1 – Goniômetro

Um goniômetro universal de plástico (CARCI) foi utilizado apenas para avaliar a AM de extensão do joelho e verificar se os voluntários apresentavam o critério de inclusão estabelecido, portanto só foi utilizado na avaliação inicial (primeira semana). (Figura 1).



Figura 1: Goniômetro universal para mensuração da AM de extensão do joelho durante a avaliação física inicial: apenas para verificar o critério de inclusão (setas)

4.2.2 – Barra de alumínio

Para auxiliar no posicionamento da coluna durante a execução do alongamento ativo excêntrico na postura em pé com descarga no membro avaliado foi utilizada uma barra de alumínio de 1,30 m de comprimento (Figura 2).



Figura 2: Barra de alumínio (setas) para auxiliar o posicionamento da coluna durante os alongamentos

4.2.4 - Acessório acolchoado

Para que fosse possível avaliar o torque passivo e a AM de extensão do joelho (grau de encurtamento dos músculos flexores do joelho), no dinamômetro isocinético durante o pré e pós-teste, foi confeccionada uma almofada acolchoada, em forma de cunha especialmente para o experimento, que foi acoplada ao encosto da cadeira do dinamômetro para que os voluntários mantivessem um posicionamento de, aproximadamente, 90° de flexão do quadril (Figura 3).



Figura 3: Acessório acolchoado acoplado ao encosto da cadeira do dinamômetro (seta)

4.2.3 – Dinamômetro Isocinético

Os pré e pós-testes foram realizados no Dinamômetro Isocinético - Biodex Multi-joint System 3, devidamente instalado em sala, totalmente climatizada, pertencente ao Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar (Figura 4).

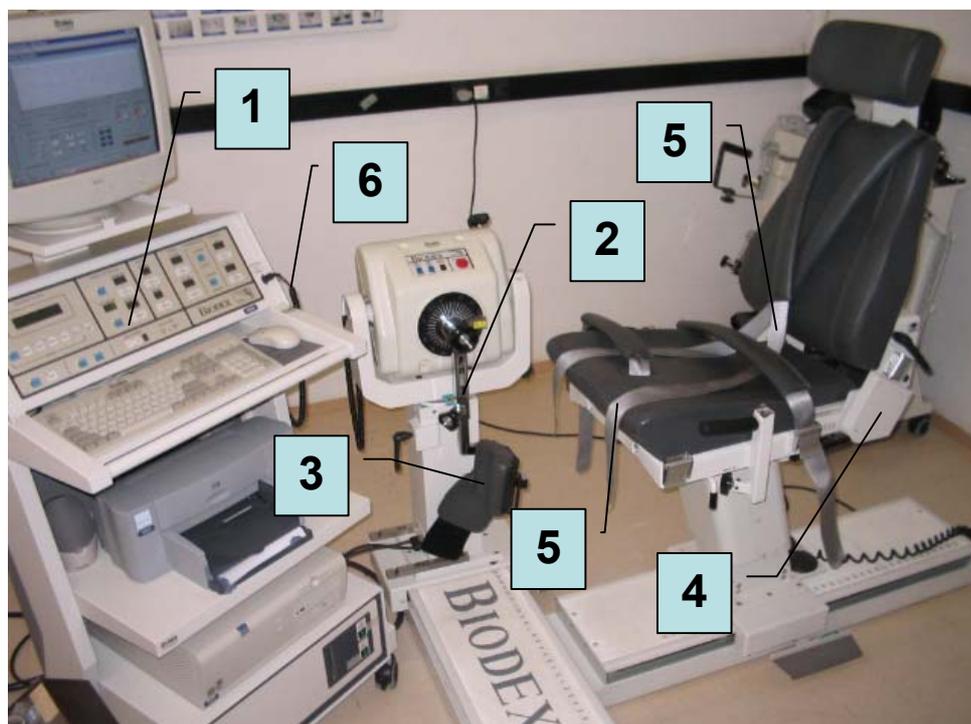


Figura 4: Dinamômetro isocinético - *Biodex System 3* e acessórios: 1- módulo de controle; 2- braço de alavanca; 3- almofada de resistência ao movimento; 4- cadeira; 5- cintos de estabilização; 6- dispositivo para que o voluntário possa parar a avaliação quando julgasse necessário.

4.3 – PROCEDIMENTO

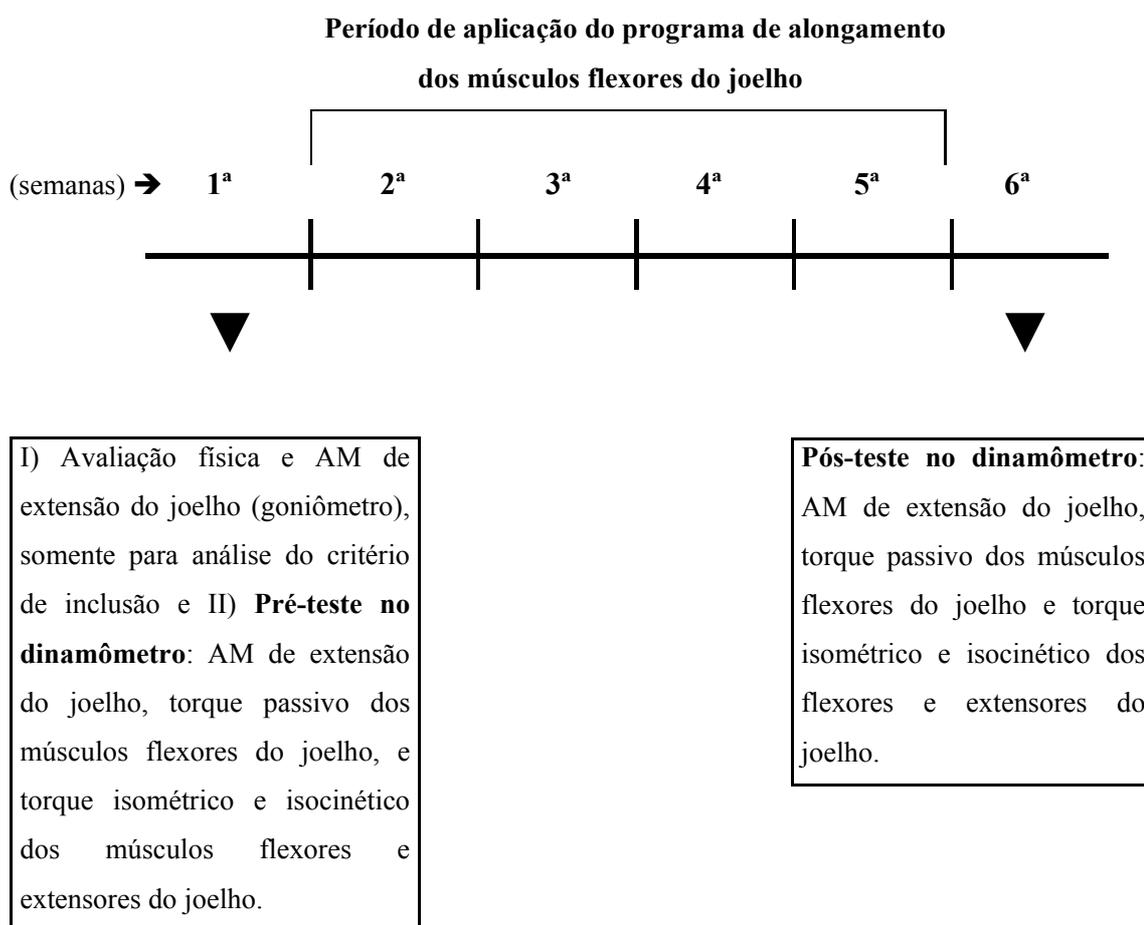


Figura 5: Representação esquemática das avaliações e do programa de alongamento dos músculos flexores do joelho.

Durante a primeira semana, os voluntários foram, primeiramente, submetidos a uma avaliação física (Anexo 1) para que fossem analisados os critérios de inclusão. Os que foram selecionados realizaram o pré-teste no dinamômetro isocinético, no qual foram avaliados: a) AM de extensão do joelho,

b) torque passivo dos músculos flexores dos joelhos, c) torque isométrico e isocinético (concêntrico e excêntrico) dos músculos flexores e extensores do joelho.

Da segunda a quinta semana, os voluntários realizaram o programa de alongamento dos músculos flexores do joelho.

Durante a última semana, sexta semana, foi aplicado o pós-teste, também realizado no dinamômetro isocinético, no qual foram reavaliados todos os parâmetros avaliados no pré-teste. Todas estas fases serão descritas a seguir.

4.3.1 – Avaliação da AM de extensão do joelho com o goniômetro para verificação do critério de inclusão

Esta avaliação foi realizada na primeira semana, juntamente com a avaliação física (Anexo 1) no Ambulatório de Fisioterapia da UFSCar.

Antes de iniciar a avaliação da AM de extensão do joelho, foi verificado se os voluntários apresentavam encurtamento dos músculos flexores de quadril (íliopsoas e reto femoral) do membro não avaliado, por meio do Teste de Thomas, como descrito por Kendall et al., (1995). Caso o voluntário apresentasse encurtamento deste grupo muscular, quando o membro não avaliado (não dominante) ficasse estendido para a realização da mensuração da AM de extensão do joelho, a pelve seria antevertida pela ação destes músculos, ou seja, produziria compensações como a hiperlordose lombar o que prejudicaria a avaliação, pois os voluntários sentiriam a tensão de alongamento antes do que deveriam (Figura 6).

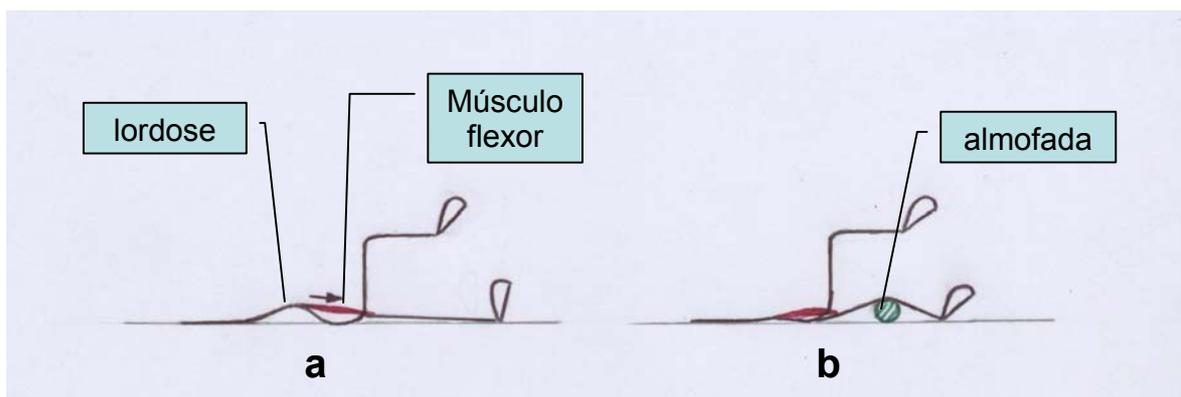


Figura 6: Figura ilustrativa do posicionamento do voluntário para teste de AM de extensão do joelho, com encurtamento dos flexores do quadril, sem a almofada sob o joelho (a), repare a lordose lombar formada pela anteversão do quadril e com a almofada (b), mantendo a posição a 90° do quadril e sem compensações - posição neutra do quadril.

Para a realização deste teste o voluntário foi orientado a sentar na maca deixando somente as pernas fora dela, a seguir deitar e fletir o joelho, do membro dominante (a ser avaliado), o máximo possível sobre o tronco, segurando na região proximal e posterior da coxa, nesta posição a coluna lombar e o sacro deveriam estar contra a maca. No caso de encurtamento, a região posterior da coxa, do membro não dominante, distancia-se da superfície da maca e o joelho se estende (Figura 7).



Figura 7: Teste de Thomas para verificação de encurtamento dos músculos flexores de quadril (íliopsoas e reto femoral). Perceba que a região posterior da coxa do membro não avaliado está distanciada da maca e o joelho semi-estendido.

Após a realização do teste de Thomas, os voluntários foram posicionados em decúbito dorsal para avaliar a AM de extensão do joelho. Os que apresentaram encurtamento dos flexores do quadril tiveram o quadril e joelho do membro não avaliado fletidos com o auxílio de almofadas, de diferentes tamanhos, que foram posicionadas sob o joelho de acordo com a necessidade de cada voluntário com o objetivo de manter a pelve em posição neutra (sem anteversão e nem retroversão).

Inicialmente, os voluntários foram orientados sobre o procedimento da avaliação. Para a avaliação, primeiramente, o quadril e joelho, do membro dominante, foram fletidos a 90° (Chan et al., 2001; Bandy e Irion 1994; 1997; Feland et al., 2001 a; 2001 b; Willy et al., 2001) e o pé mantido relaxado (Figura 8 a).

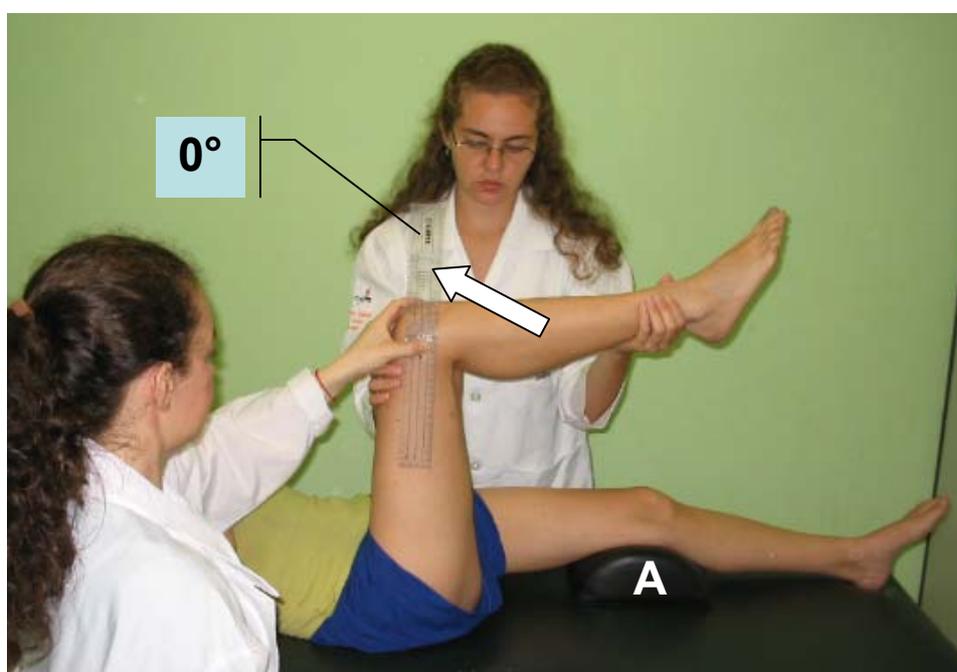


Figura 8a: Posição inicial para avaliação da AM de extensão do joelho, repare a almofada sob o joelho não avaliado (A). Note o goniômetro (seta) braço móvel

O membro contra-lateral permaneceu estendido. A partir desta posição, o joelho do membro dominante foi passiva e lentamente estendido pelo avaliador 1, enquanto o avaliador 2 certificava-se de que não estavam ocorrendo compensações. O voluntário foi orientado a relaxar enquanto seu joelho estava sendo estendido e relatar o momento que sentiu o início da tensão de alongamento nos músculos flexores do joelho (posição final) (Figura 8 b).

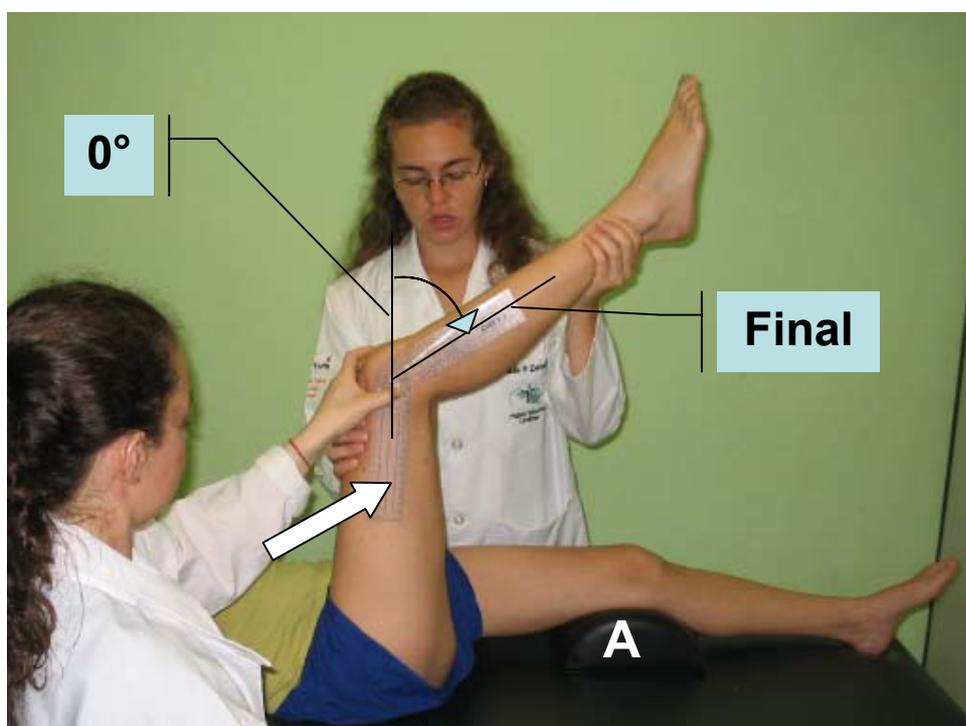


Figura 8b: Posição final para avaliação da AM de extensão do joelho, repare a almofada sob o joelho não avaliado (A). Note o goniômetro (seta) braço fixo. Repare que limitação da AM de extensão do joelho foi medida entre a extensão total (considerada 0°) e a extensão máxima do joelho atingida pelo voluntário, posição final.

A amplitude articular foi mantida e mensurada como descrito por Norikin e White (1995), ou seja, o eixo do goniômetro foi posicionado sobre o epicôndilo lateral do fêmur, o braço fixo foi alinhado com a linha média lateral do fêmur,

usando, como referência o trocânter maior. Para a mensuração do ângulo final, o braço móvel do goniômetro foi alinhado com a linha média lateral da fíbula, usando, como referência, o maléolo lateral e a cabeça da fíbula (Figuras 8 a, b).

A limitação da AM de extensão do joelho foi medida entre a extensão total (considerada 0°) (Figura 8 a) e a extensão máxima do joelho atingida pelo voluntário (Figuras 8 b) (Bandy e Irion 1994; 1997 Feland et al., 2001a e 2001b).

Este procedimento foi repetido por três vezes consecutivas, sendo a média aritmética das três mensurações usada como parâmetro para verificar se os indivíduos apresentaram, no mínimo, 20° de limitação na AM de extensão do joelho para que pudessem participar do estudo.

4.3.2 - Pré-teste

Os voluntários selecionados realizaram o pré-teste, também na primeira semana, no dinamômetro isocinético, ou seja, uma semana antes do início da realização do programa de alongamento, pois os testes poderiam causar Dor Muscular de Início Retardado (DMIR) sentida pós-exercício (Wilmore e Costill, 2001).

No pré e pós-testes foram avaliados: I) AM de extensão do joelho, II) torque passivo dos músculos flexores do joelho e III) torque isométrico e isocinético (concêntrico e excêntrico) dos músculos flexores e extensores do joelho.

I) Avaliação da AM de extensão do joelho no dinamômetro

Esta avaliação foi realizada sem aquecimento (Bandy e Irion 1994; 1997; Feland et al., 2001a e 2001b). Previamente a execução dos testes o equipamento foi devidamente calibrado de acordo com o procedimento descrito no manual de instrução do fabricante.

É importante ressaltar que a avaliação da AM de extensão do joelho, pré e pós-alongamento, foram realizadas no dinamômetro, pois suas mensurações foram consideradas confiáveis, Coeficiente de Pearson de 0,90, e válidas quando comparadas às mensurações realizadas com o goniômetro universal, como descrito na parte 1 desta dissertação.

Antes de iniciar a avaliação, o acessório foi acoplado ao encosto da cadeira do dinamômetro (Figura 9b). Confeccionado especialmente para esta pesquisa, o acessório permitiu que os voluntários mantivessem um posicionamento de, aproximadamente, 90° de flexão do quadril garantido a posição neutra da pelve, ou seja, evitando que a pelve fique anteriorizada/anteversão ou posteriorizada/retroversão como estabelecido para as mensurações com o goniômetro (Figura 9 a, b).

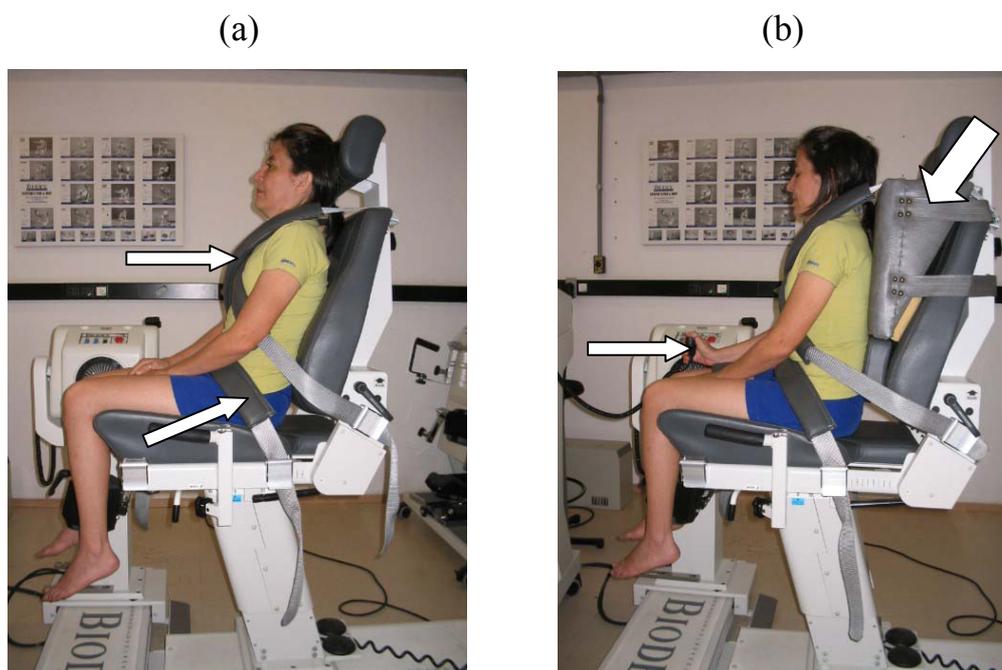


Figura 9: (a) posicionamento do voluntário estabilizado com cintos (setas) e sem o acessório; (b) posicionamento com o acessório (seta larga), mantendo a posição de, aproximadamente, 90° de flexão de quadril, repare o dispositivo na mão do voluntário (seta fina).

Após o voluntário ter sentado, ele foi estabilizado na cadeira por meio de cintos de contenção sobre o tronco, quadril e na coxa do membro avaliado (Figura 9 b). A seguir, o eixo mecânico de rotação do dinamômetro foi alinhado com o epicôndilo lateral do fêmur. A perna foi fixada ao braço de alavanca do dinamômetro por meio de uma almofada que foi posicionada imediatamente acima do maléolo lateral de forma a permitir dorsiflexão total do tornozelo. Com o voluntário devidamente posicionado, as medidas referentes à altura da cadeira, posição do encosto, posicionamento na cadeira, etc. foram registradas para serem utilizadas no pós-teste.

Previamente à realização da avaliação, os voluntários receberam um dispositivo manual (Figura 9b) ligado ao dinamômetro, por meio do qual o voluntário pôde iniciar ou parar a avaliação que estava sendo realizada. Na seqüência, foram orientados a fechar os olhos e relaxar. Assim que sentissem estar relaxados e prontos, os voluntários deveriam acionar o dinamômetro, por meio do dispositivo, para que o braço de alavanca do equipamento iniciasse o movimento passivo de extensão do joelho a velocidade a $2^{\circ}/s$. Nesta fase, o voluntário deveria manter-se totalmente passivo ao movimento. Na primeira sensação de tensão nos músculos flexores do joelho, os voluntários deveriam acionar o dispositivo para que interrompesse o movimento do braço de alavanca do dinamômetro, permitindo o registro da AM de extensão do joelho atingida (Figura 10 a, b).

Foram realizadas seis repetições com 10s de descanso entre elas. Cabe ressaltar que as três primeiras foram realizadas somente para familiarização, necessidade verificada durante um teste piloto (resultados publicados). As últimas três mensurações da AM de extensão do joelho foram realizadas para obtenção da média aritmética entre elas, sendo esta utilizada para os cálculos estatísticos.

É importante ressaltar que nesta avaliação, tanto pré quanto pós-alongamentos, a AM de extensão do joelho ocorreu de acordo com a sensação de tensão de alongamento dos flexores do joelho sentida por cada voluntário.

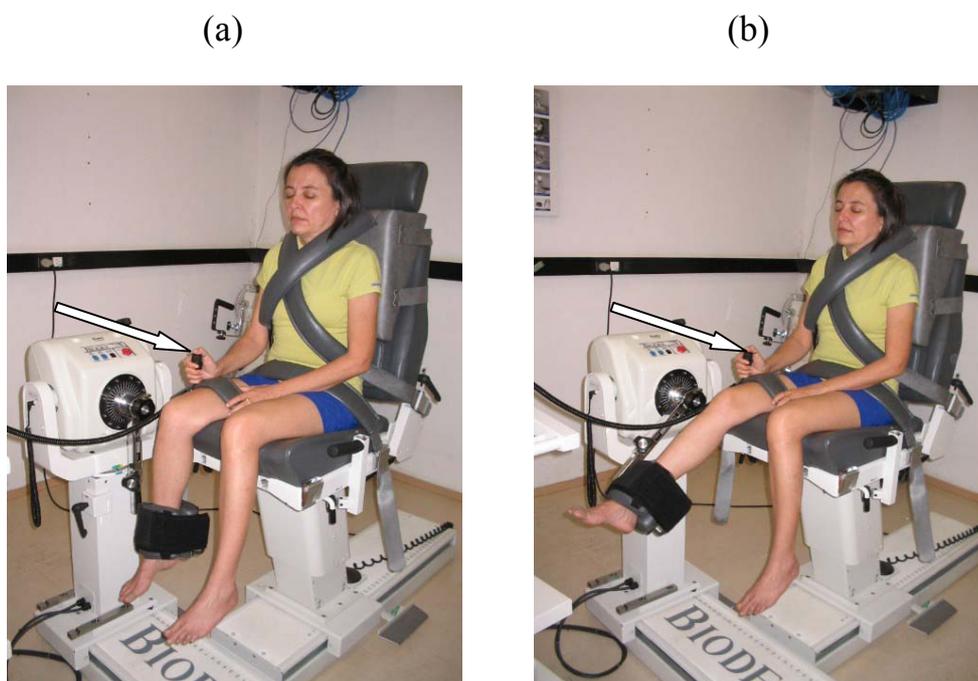


Figura 10: Posição inicial (a) e final (b) da avaliação da AM de extensão do joelho no dinamômetro isocinético. Note o dispositivo utilizado para iniciar e parar o movimento do braço de resistência mantido pelo voluntário (seta).

II) Avaliação do torque passivo dos músculos flexores do joelho

Esta avaliação foi realizada após a avaliação da AM de extensão do joelho, portanto o posicionamento do voluntário foi o mesmo. O programa escolhido para realização desta avaliação foi o passivo (Chan et al., 2001), sendo assim, o equipamento foi ajustado de acordo com as especificações deste

programa. Após a verificação do posicionamento do voluntário, ele foi orientado sobre o procedimento desta avaliação.

Previamente à sua realização, os voluntários receberam o mesmo dispositivo (Figura 9b) já citado, ligado ao dinamômetro, também foram orientados a fechar os olhos e relaxar. Assim que estivessem prontos deveriam acionar o dinamômetro, por meio do dispositivo, para que o braço de alavanca do equipamento iniciasse o movimento passivo de extensão do joelho em uma velocidade a $2^\circ/s$. Nesta fase, o voluntário foi orientado a manter-se totalmente passivo ao movimento.

Nesta avaliação o dispositivo só foi utilizado para iniciar o movimento de extensão, pois o braço de alavanca do equipamento foi programado para parar a 60° de extensão do joelho e registrar o toque passivo gerado pela resistência causada pelo componente elástico dos músculos flexores do joelho.

Cabe ressaltar, que esta amplitude foi a mesma para todos os voluntários e utilizada tanto no pré quanto no pós-teste. Ela foi escolhida, pois fornecia a “medida do torque produzida pela força da gravidade ao redor da articulação do joelho na extensão da perna” para que pudéssemos subtraí-la do torque passivo total registrado pelo dinamômetro. Foram realizadas três repetições, consecutivas, dentro desta AM.

III) Avaliação do torque dos músculos flexores e extensores do joelho

Após o término da avaliação do torque passivo, os voluntários saíram da cadeira e o acessório, que estava acoplado ao encosto, foi retirado.

Antes de dar início à avaliação os voluntários realizaram aquecimento, no mesmo local, que consistiu de 5 min em uma bicicleta estacionária (Monark),

velocidade a 20 km/h com carga moderada, ajustada de acordo com cada voluntário.

Logo após, os voluntários realizaram auto-alongamento dos músculos flexores e extensores do joelho, do membro dominante (avaliado).

Os alongamentos dos músculos flexores foram realizados na postura em pé, com o pé do membro que foi alongado, apoiado sobre uma cadeira e joelho estendido. Uma vez posicionados, os voluntários foram orientados a: fletir o tronco, sem permitir compensações na coluna e quadril, até que sentissem tensão suportável de alongamento nos flexores do joelho. Deveriam realizar três repetições de 30 s de alongamento e 30s de repouso. Os alongamentos dos músculos extensores também foram executados na posição em pé. Para isto os voluntários deveriam apoiar com uma das mãos no encosto de uma cadeira, estável, enquanto a outra mão segurava na região anterior do tornozelo, do membro a ser alongado, com o joelho fletido. Os voluntários foram orientados a manter o quadril em posição neutra ao mesmo tempo em que estendia a coxa do membro até sentir tensão de alongamento dos extensores do joelho. Realizaram três repetições de 30 s de alongamento e 30s de repouso. Todos os alongamentos foram supervisionados pelo pesquisador.

A seguir, os voluntários foram, novamente, posicionados e estabilizados na cadeira do dinamômetro isocinético, como já descrito, para serem avaliados quanto: 1) torque isométrico dos músculos extensores e flexores do joelho, 2) torque isocinético concêntrico e excêntrico dos músculos extensores e flexores do joelho em duas velocidades 30°/s e 60°/s.

1) Torque isométrico dos músculos flexores e extensores do joelho

O torque produzido pela força da gravidade ao redor da articulação do joelho na extensão da perna foi mensurada com o joelho posicionado à 60° de flexão (este procedimento foi realizado antes de todas as avaliações de torque muscular).

O torque isométrico máximo dos músculos extensores do joelho foi avaliado por meio de Contrações Isométricas Voluntárias Máximas (CIVM) a 80° de flexão do joelho como preconiza Marginson e Eston (2001). Estes autores compararam os torques isométricos produzidos pelos extensores do joelho em diferentes AM (20°, 40°, 60°, 80°, 90° e 100°) de flexão do joelho. Concluíram que o maior pico de torque ocorreu em torno de 80° de flexão do joelho.

Para incentivar e controlar o início e término da CIVM foi utilizado o seguinte comando verbal: *Atenção prepare, vá! Força vá, Força! Força! Relaxe.* Durante cada contração, o voluntário teve um feedback visual no monitor do microcomputador com a representação gráfica do seu teste. Em todos os testes foi utilizado o mesmo comando verbal.

Foram realizadas três CIVM, e considerou-se o maior pico de torque alcançado. Cada contração foi mantida por 5 s, com um intervalo de repouso de 90s entre elas.

O procedimento utilizado durante a avaliação do torque isométrico dos músculos flexores do joelho foi o mesmo utilizado para avaliar os extensores. Apenas com uma diferença, os músculos flexores do joelho foram avaliados a 30° de flexão do joelho de acordo com Murray et al., (1980). Estes autores avaliaram os torques isométricos produzidos pelos flexores do joelho em diferentes AM (30°, 45° e 60°) de flexão do joelho. Concluíram que o maior pico de torque ocorreu em torno de 30° de flexão do joelho.

2) Torque isocinético concêntrico e excêntrico dos músculos extensores e flexores do joelho a 30°/s e 60°/s

O torque isocinético concêntrico e excêntrico dos músculos extensores e flexores do joelho foram avaliados em AM de 60°, partindo de 90° de flexão do joelho até 30°. (Figura 11 a, b).

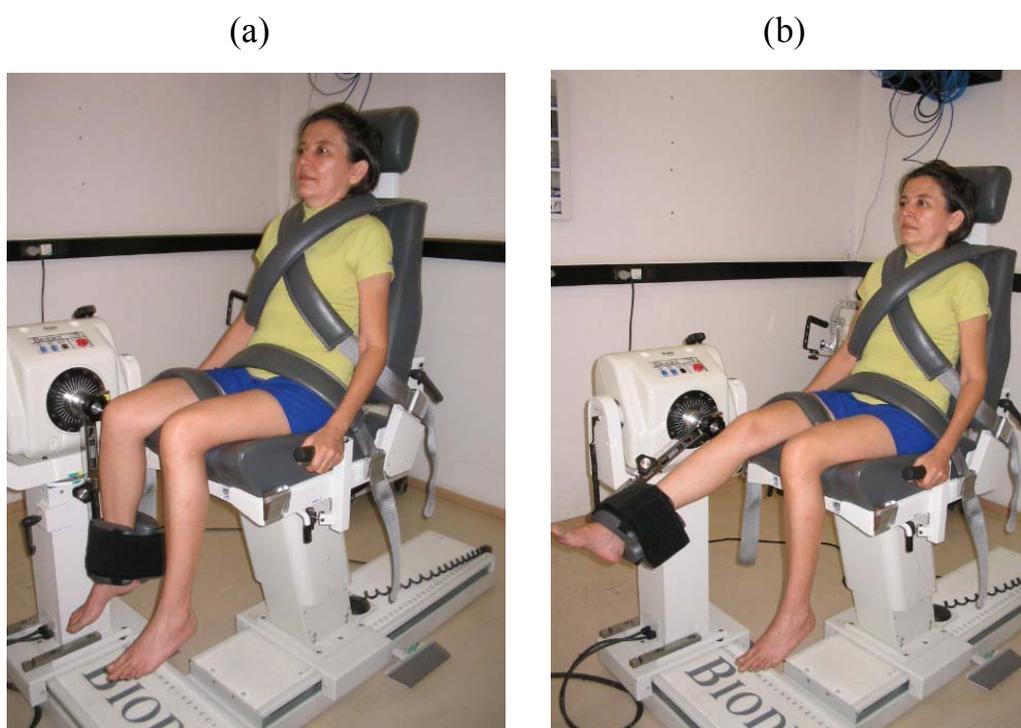


Figura 11: Teste isocinético dos músculos extensores e flexores do joelho. A avaliação foi iniciada a 90° de flexão (a), perfazendo uma amplitude de movimento de extensão do joelho de 60° (b).

Cabe mencionar que o programa utilizado para a análise das contrações máximas dos músculos extensores foi concêntrico-excêntrico e para a avaliação dos músculos flexores foi utilizado o programa excêntrico-concêntrico.

Para os músculos extensores, como os voluntários partiram de 90° de flexão de joelho eles tiveram de, primeiramente, produzir contração concêntrica máxima deste grupo muscular contra o braço de alavanca do dinamômetro até o final da AM (30° de extensão do joelho), seguido imediatamente por um movimento de flexão durante o qual o voluntário teve de realizar uma força contra o braço de alavanca, produzindo assim, uma contração excêntrica máxima dos mesmos músculos.

Considerando a mesma posição inicial, durante a avaliação dos flexores do joelho os voluntários tiveram de produzir tipo de contrações inversas ao teste dos extensores, pois, primeiramente, realizaram contração excêntrica máxima dos flexores do joelho, contra o braço de alavanca, até o final da AM para imediatamente após, durante a flexão do joelho, produzir uma contração concêntrica máxima do mesmo grupo muscular.

Estas avaliações, tanto nos extensores quanto nos flexores do joelho, foram realizadas em duas velocidades angulares 30°/s e 60°/s com um intervalo de 2 min entre elas. Ambos os grupos musculares realizaram 5 repetições consecutivas em cada velocidade

Para promover familiarização do voluntário com o equipamento e com o exercício propriamente dito, eles realizaram, cinco contrações concêntricas-excêntricas e excêntricas-concêntricas submáximas contínuas, como já descrito, em cada velocidade com um tempo de intervalo de 30s entre elas. Somente após 3 min os testes de torque máximo foram realizados.

4.3.3 - Programa de alongamento dos músculos flexores do joelho

O alongamento ativo excêntrico foi realizado na postura em pé, com os voluntários posicionados em frente a uma maca, joelhos estendidos e pés paralelos levemente afastados (Figura 12). Antes de iniciar os alongamentos, o fisioterapeuta posicionou adequadamente a coluna do voluntário com o auxílio de uma barra com o objetivo de impedir possíveis compensações como, por exemplo, exacerbação de lordoses e cifoses. A barra também serviu de orientação do posicionamento correto durante todo o tempo de realização dos alongamentos, qualquer alteração na postura foi sentida pelo voluntário e retificada imediatamente.



Figura 12: Posicionamento inicial para a realização dos alongamentos excêntricos.

Com a coluna devidamente posicionada os voluntários foram instruídos a fletir o tronco, lentamente, até apoiar as duas mãos na maca (Figura 13).



Figura 13: Postura de alongamento ativo excêntrico dos músculos flexores do joelho, repare que os voluntários permaneceram com os joelhos fletidos durante a realização dos alongamentos por apresentares encurtamento dos músculos flexores do joelho.

Feito isto, deveria continuar a fletir o tronco, sem que produzisse compensações, até que referisse estar sentindo tensão de alongamento nos músculos flexores do joelho e que esta tensão é a máxima suportada por ele. Para manter esta tensão de alongamento ativa máxima referida, os voluntários deveriam realizar anteversão do quadril, também sem gerar compensações na coluna lombar (lordose) ou joelhos (flexão). Para que o voluntário mantivesse a tensão máxima de contração tolerada por ele, o fisioterapeuta utilizou o seguinte

comando verbal: *rebite o bumbum, mantenha, mantenha, relaxe*. Foram, no total, sete repetições de 1 min de alongamento com 30 s de repouso entre as repetições.

O programa de alongamento foi realizado por um período de quatro semanas, duas vezes por semana.

Cabe mencionar que os dois membros foram alongados, contudo só o dominante foi analisado pré e pós-programa de alongamento.

4.3.4 - Pós-teste

Para avaliar os possíveis efeitos do programa de alongamento dos músculos flexores do joelho sobre as variáveis estudadas, foi realizado um pós-teste na semana posterior ao término dos alongamentos. Os testes e os procedimentos foram iguais aos já descritos no item: 4.3.2.

5 - ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para todos os cálculos estatísticos foi utilizado o *software GB-Stat School Pak* versão 6.5.

Primeiramente, foi aplicado um teste de normalidade Shapiro-Wilks na distribuição dos dados, pré e pós-programa de alongamento. Baseado no resultado utilizou-se o teste estatístico mais indicado: Student t-Test pareado para os dados paramétricos (normais) e o teste de Wilcoxon para os não paramétricos (não normais).

Para as conclusões das análises estatísticas foi considerado um nível de significância de $p \leq 0,05$ (5%).

6 – RESULTADOS

6.1 – AVALIAÇÃO DA AM DE EXTENSÃO DO JOELHO

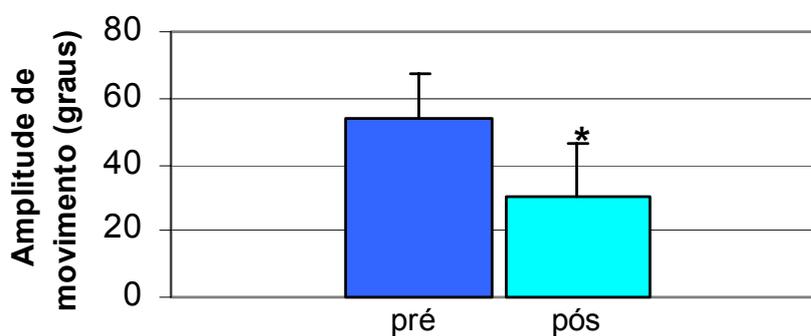


Figura 14 - Média e desvio-padrão da amplitude de movimento de extensão do joelho pré e pós-alongamento. (*) Diferença significativa ($p \leq 0,05$)

Como podemos observar na Figura 14, ocorreu uma diminuição no grau de encurtamento dos músculos flexores do joelho, ou seja, houve um aumento significativo ($p = 0,0001$, test- t pareado) na AM de extensão do joelho (de $53,7 \pm 13^\circ$ para $30,1 \pm 16^\circ$), aproximadamente, $23,6^\circ$ quando comparados pré e pós-programa de alongamento. Estes resultados são referentes às mensurações realizadas no dinamômetro de acordo com a sensação de tensão de alongamento de cada voluntário.

6.2 – AVALIAÇÃO DO TORQUE PASSIVO DOS MÚSCULOS FLEXORES DO JOELHO (a 60° de flexão do joelho)

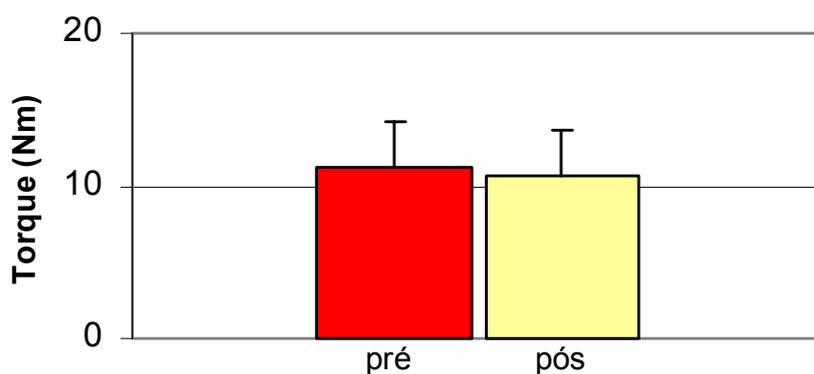


Figura 15 – Média e desvio-padrão do torque passivo dos músculos flexores do joelho a 60° de flexão do joelho.

Pode-se observar, por meio da figura 15, que não houve diferença significativa ($p= 0,09$, test- t pareado) entre os valores de torque passivo dos músculos flexores do joelho (de $11,2 \pm 3\text{Nm}$ para $10,6 \pm 3\text{Nm}$), quando comparados pré e pós quatro semanas de alongamento ativo excêntrico deste mesmo grupo muscular. Estes resultados são referentes às mensurações realizadas no dinamômetro utilizando a mesma AM de avaliação (60° de flexão do joelho) para todos os voluntários pré e pós-alongamentos

6.3 - AVALIAÇÃO DO PICO DE TORQUE ISOMÉTRICO DOS MÚSCULOS EXTENSORES DO JOELHO

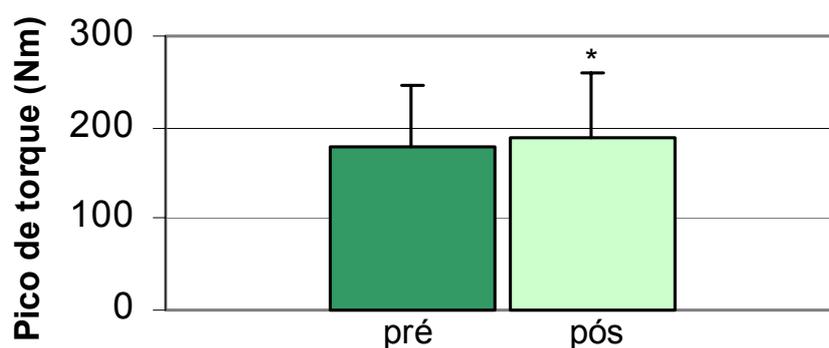


Figura 16- Média e desvio-padrão do pico do torque isométrico dos músculos extensores do joelho pré e pós-programa de alongamento. (*) Diferença significativa ($p \leq 0,05$)

Por meio dos dados acima representados, constata-se que houve aumento significativo ($p= 0,006$, test- t pareado) no pico de torque isométrico dos músculos extensores do joelho (de $178,68 \pm 67,8\text{Nm}$ para $187,58 \pm 73,5\text{Nm}$), após a realização do protocolo de alongamento ativo dos flexores do joelho na postura em pé com descarga de peso nos membros alongados.

6.4 - TORQUE ISOCINÉTICO CONCÊNTRICO DOS MÚSCULOS EXTENSORES DO JOELHO NAS VELOCIDADES A 30°/S E 60°/S

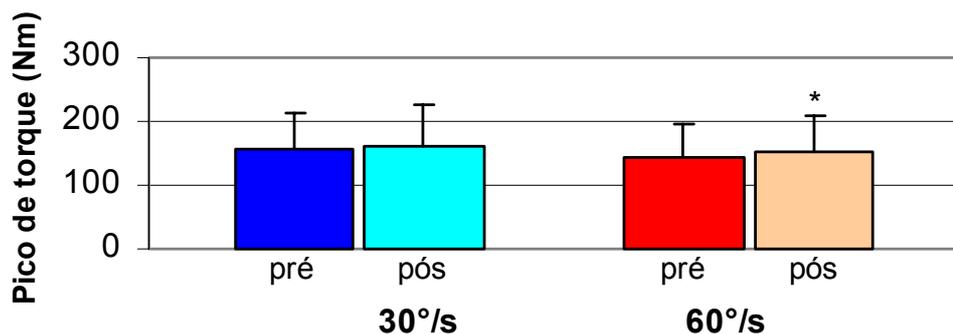


Figura 17- Média e desvio-padrão do pico do torque isocinético concêntrico dos músculos extensores do joelho a 30°/s e a 60°/s. (*) Diferença significativa ($p \leq 0,05$)

Os resultados das avaliações representadas nos gráficos mostram que não houve aumento significativo ($p= 0,18$, test- *t* pareado) no pico de torque isocinético concêntrico dos músculos extensores do joelho a 30°/s, pré e pós-programa de alongamento ($155,35 \pm 59,5$ Nm e $161,62 \pm 65,1$ Nm, respectivamente). Em contrapartida, verificou-se aumento significativo ($p= 0,02$, test- *t* pareado) no pico de torque concêntrico na velocidade de 60°/s, quando foram comparados os valores pré e pós-programa de alongamento ($144,44 \pm 51,6$ Nm e $151,57 \pm 58,2$, respectivamente) dos músculos flexores do joelho.

6.5 - TORQUE ISOCINÉTICO EXCÊNTRICO DOS MÚSCULOS EXTENSORES DO JOELHO NAS VELOCIDADES A 30°/S E 60°/S

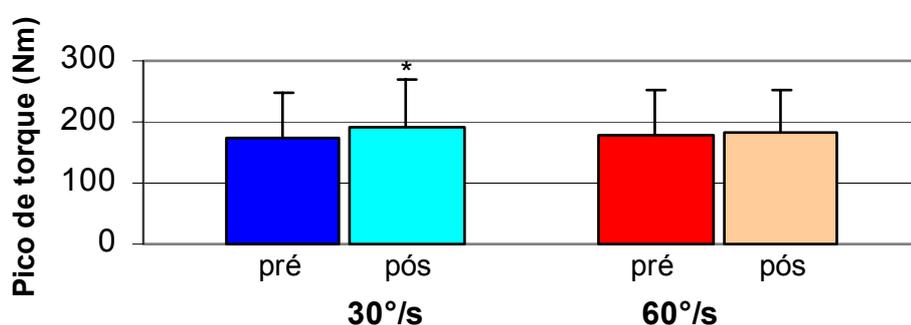


Figura 18- Média e desvio-padrão do pico do torque isocinético excêntrico dos músculos extensores do joelho a 30°/s e a 60°/s. (*) Diferença significativa ($p \leq 0,05$)

Mediante a representação gráfica constata-se que o pico de torque isocinético excêntrico dos músculos extensores do joelho aumentou significativamente ($p= 0,01$, test- *t* pareado) na velocidade a 30°/s pré e pós-programa de alongamento ($175,4 \pm 71,6$ Nm e $189,9 \pm 73,8$ Nm, respectivamente), embora na velocidade de 60°/s não foi verificado aumento significativo ($p= 0,33$, test- *t* pareado) quando comparados os dados pré ($177,88 \pm 74,1$ Nm) e pós ($183,16 \pm 68$ Nm) programa de alongamento ativo excêntrico dos músculos flexores.

6.6 - TORQUE ISOMÉTRICO DOS MÚSCULOS FLEXORES DO JOELHO

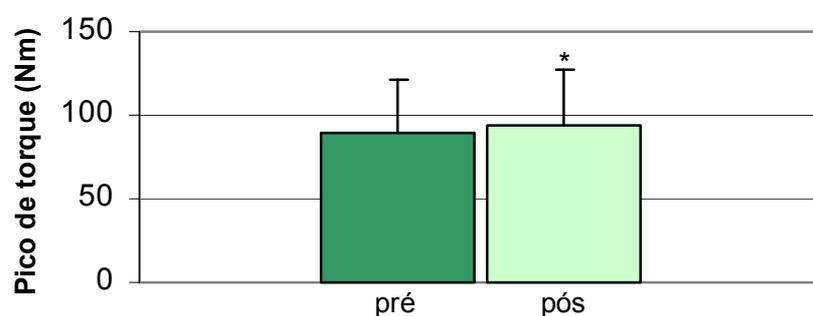


Figura 19- Média de desvio-padrão do pico do torque isométrico dos músculos flexores do joelho a 30° de flexão do joelho. (*) Diferença significativa ($p \leq 0,05$)

Como pode ser observado, o pico de torque isométrico dos músculos flexores do joelho aumentou significativamente ($p= 0,01$, test- *t* pareado) de $89,68 \pm 32,62$ Nm para $93,8 \pm 33,1$ Nm após serem submetidos a quatro semanas de alongamento ativo excêntrico.

6.7 - TORQUE ISOCINÉTICO EXCÊNTRICO DOS MÚSCULOS FLEXORES DO JOELHO NAS VELOCIDADES A 30°/S E 60°/S

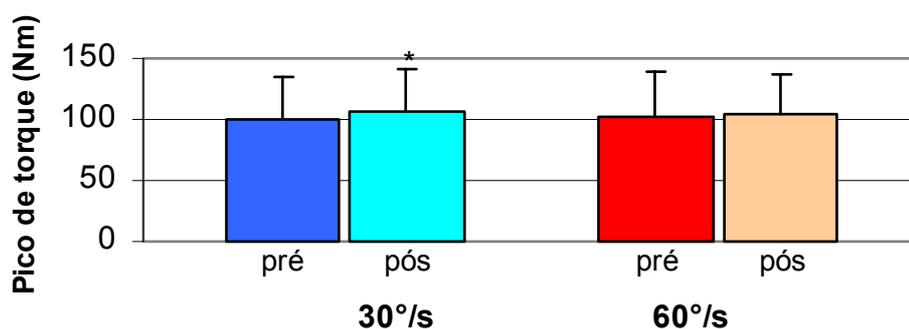


Figura 20 - Média de desvio-padrão do pico do torque isocinético excêntrico dos músculos flexores do joelho a 30°/s e a 60°/s. (*) Diferença significativa ($p \leq 0,05$).

O pico de torque isocinético excêntrico dos músculos flexores do joelho a 30°/s aumentou significativamente ($p= 0,01$, Wilcoxon) após terem sido submetidos a quatro semanas de alongamento e avaliados pré e pós-alongamento ($100,3 \pm 34,2$ Nm e $105,63 \pm 35$ Nm, respectivamente). Na velocidade a 60°/s não foi constatada alteração significativa ($p= 0,23$, Wilcoxon) no pico de torque excêntrico deste mesmo grupo muscular quando avaliados pré e pós-alongamentos ($102,91 \pm 35,2$ Nm e $103,96 \pm 33,49$ Nm, respectivamente).

6.8 - TORQUE ISOCINÉTICO CONCÊNTRICO DOS MÚSCULOS FLEXORES DO JOELHO NAS VELOCIDADES A 30°/S E 60°/S

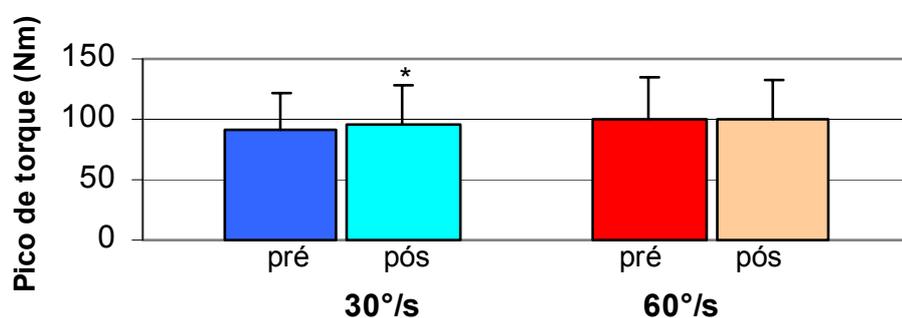


Figura 21- Média de desvio-padrão do pico do torque isocinético concêntrico dos músculos flexores do joelho a 30°/s e 60°/s. (*) Diferença significativa ($p \leq 0,05$).

Constata-se que o pico de torque isocinético concêntrico dos músculos flexores do joelho aumentou significativamente ($p= 0,001$, Wilcoxon) a 30°/s, após as avaliações pré e pós-alongamentos ($90,7 \pm 31,7$ Nm e $96,7 \pm 31,8$ Nm, respectivamente). De acordo com os resultados apresentados pré ($99,4 \pm 34,9$ Nm) e pós-alongamentos ($100,74 \pm 31,58$ Nm) não houve aumento significativo ($p= 0,19$, Wilcoxon) quando este grupo muscular foi analisado na velocidade mais alta, 60°/s.

6.9 - VALORES DO TRABALHO TOTAL DAS CONTRAÇÕES CONCÊNTRICAS E EXCÊNTRICAS DOS MÚSCULOS EXTENSORES E FLEXORES DO JOELHO PRÉ E PÓS-PROGRAMA DE ALONGAMENTO NAS DUAS VELOCIDADES AVALIADAS 30°/S E 60°/S

Tabela 1: Valores do **trabalho total (joules)** dos músculos extensores e flexores do joelho pré e pós-programa de alongamento em duas velocidades 30°/s e 60°/s

Tipo de contração isocinética	30°/s			60°/s		
	pré	pós	p	pré	pós	p
Concêntrica dos extensores	466,1±211,0	531,3±221,9	0,0001	467,3±184,6	511,8±201,1	0,001
Excêntrica dos extensores	489,2±390,1	511,5±414,6	0,006	535,8±253,0	619,1±263,2	0,002
Concêntrica dos flexores	244,3±113,0	269,2±105	0,009	251,7±106	272,5±102,0	0,043
Excêntrica dos flexores	370,8±153,5	386,3±142,0	0,08	384,8±176,4	368,4±136,7	0,57

(p) Nível de significância de $p \leq 0,05$ (5%)

Os resultados apresentados na Tabela 1 demonstram que os valores do trabalho total aumentaram significativamente, pós-programa de alongamento dos flexores do joelho, nas contrações concêntricas e excêntricas dos músculos extensores do joelho em ambas as velocidades avaliadas, bem como nas contrações concêntricas dos músculos flexores do joelho também nas duas velocidades analisadas. Entretanto, não houve aumento significativo nos valores do trabalho total nas contrações excêntricas dos músculos flexores do joelho, pós-alongamento.

6.10 - VALORES DA POTÊNCIA MÉDIA DAS CONTRAÇÕES CONCÊNTRICAS E EXCÊNTRICAS DOS MÚSCULOS EXTENSORES E FLEXORES DO JOELHO PRÉ E PÓS-PROGRAMA DE ALONGAMENTO NAS DUAS VELOCIDADES AVALIADAS 30°/S E 60°/S

Tabela 2: Valores da **potência média (Watts)** dos músculos extensores e flexores do joelho pré e pós-programa de alongamento em duas velocidades 30°/s e 60°/s

Tipo de contração isocinética	30°/s			60°/s		
	pré	pós	p	pré	pós	p
Concêntrica dos extensores	47,3±20,7	53,6±21,9	0,0001	48±26,7	56,3±25	0,006
Excêntrica dos extensores	48±26,7	56,3±25	0,0001	83,4±46,1	98,1±46,7	0,0001
Concêntrica dos flexores	22,5±11,46	25,2±10,7	0,003	39,4±18,5	42,8±18,2	0,02
Excêntrica dos flexores	35,2±14,9	36,7±13,1	0,09	66,9±26,4	67,1±25,4	0,93

(p) Nível de significância de $p \leq 0,05$ (5%)

Os resultados apresentados na Tabela 2 demonstram que os valores da potência contrátil aumentaram significativamente, pós-programa de alongamento dos flexores do joelho, nas contrações concêntricas e excêntricas dos músculos extensores do joelho em ambas as velocidades avaliadas, bem como nas contrações concêntricas dos músculos flexores do joelho também nas duas velocidades analisadas. Entretanto, não houve aumento significativo nos valores da potência contrátil nas contrações excêntricas dos músculos flexores do joelho, pós-alongamento.

Tabela 3: Resumo dos valores referentes às avaliações das variáveis: amplitude de movimento de extensão do joelho, torque passivo e pico de torque isométrico e isocinético concêntrico e excêntrico dos músculos extensores e flexores do joelho nas velocidades 30°/s e 60°/s pré e pós-programa de alongamento.

VARIÁVEIS	p
1) AM de extensão do joelho (Biodex) - (de 53,7 ± 13° para 30,1 ± 16°)	0,0001
2) TORQUE PASSIVO (Biodex) - (de 11,2 ± 3Nm para 10,6 ± 3Nm)	0,09
3) TORQUE ISOMÉTRICO	
Torque isométrico dos extensores (de 178,6 ± 67,8Nm para 187,5 ± 73,5 Nm)	0,006
Torque isométrico dos flexores (de 89,6 ± 32,62Nm para 93,8 ± 33,1 Nm)	0,01
4) TORQUE ISOCINÉTICO	
Concêntrico dos extensores 30 %/s (de 155,3 ± 9,5 Nm para 161,6 ± 65,1 Nm)	0,18
Concêntrico dos extensores 60 %/s (de 144,4 ± 51,6 Nm para 151,5 ± 58,2 Nm)	0,02
Excêntrico dos extensores 30 %/s (de 175,4 ± 71,6 Nm para 189,9 ± 73,8 Nm)	0,01
Excêntrico dos extensores 60 %/s (de 177,8± 74,1 Nm para 183,1 ± 68 Nm)	0,33
Concêntrico dos flexores 30 %/s (de 90,7 ± 31,7 Nm para 96,7 ± 31,8 Nm)	0,001
Concêntrico dos flexores 60 %/s (de 99,4 ± 34,9 Nm para 100,7± 31,5 Nm)	0,19
Excêntrico dos flexores 30 %/s (de 100,3 ± 34,2 Nm para 105,6 ± 35 Nm)	0,01
Excêntrico dos flexores 60 %/s (de 102,9± 35,2 Nm para 103,9± 33,4 Nm)	0,23

(P) Nível de significância de $p \leq 0,05$ (5%) – Newton (N) - Newton-metro (Nm) - graus (°).

7 – DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo mostraram que o programa de alongamento excêntrico dos músculos flexores do joelho realizado na postura em pé, por quatro semanas, foi efetivo para aumentar a AM de extensão do joelho, assim como o pico de torque isométrico e isocinético, concêntrico e excêntrico dos músculos flexores e extensores do joelho. Também foi verificado aumento no trabalho total e na potência contrátil durante as contratações concêntricas e excêntricas dos extensores e nas concêntricas dos flexores, no entanto não foram constatadas mudanças durante as contrações excêntricas dos flexores. O torque muscular passivo também não alterou pós-programa de alongamento dos flexores do joelho.

7.1 – AM DE EXTENSÃO DO JOELHO

Os resultados aqui obtidos demonstraram que houve aumento na AM de extensão do joelho pós-programa de alongamento dos músculos flexores do joelho. Sendo assim, o grau de encurtamento destes músculos diminuiu, aumentando, portanto, sua flexibilidade.

Vários estudos analisaram as alterações na flexibilidade dos músculos flexores do joelho, por meio de avaliações da AM, após submetê-los a diferentes técnicas e posturas de alongamento (Wallin et al., 1985; Bandy e Irion 1994; 1997; Willy et al., 2001; Guirro et al., 2001; Chan et al., 2001).

Porém, as técnicas e as posturas utilizadas foram, geralmente, a estática passiva na postura sentada (Chan et al., 2001; Guirro et al., 2001) ou estática passiva na postura em pé, entretanto sem descarga de peso no membro que foi

alongado (Wallin et al., 1985; Sullivan et al., 1992; Bandy e Irion 1994; 1997; Willy et al., 2001). Nestes estudos a AM aumentou em média 8°, enquanto que no presente trabalho, realizado por meio de uma técnica de alongamento ativo excêntrico na postura em pé com descarga de peso no membro alongado, o aumento na AM foi de 23,6°, ou seja, aproximadamente, 66% maior. Supõe-se que esta grande diferença tenha ocorrido devido ao controle da posição da pelve durante a realização dos alongamentos no presente estudo, tendo em vista que tal procedimento não foi citado pelos experimentos acima mencionados.

Sullivan et al. (1992) estudaram a importância do posicionamento do quadril durante a realização de alongamentos e comprovaram que a manutenção da posição da pelve (em anteversão), durante os alongamentos, é muito relevante, pois o grupo que manteve a posição gerou ganho na AM de extensão do joelho 70% maior que os que não mantiveram. Segundo os autores, a manutenção da posição da pelve, durante os alongamentos, é muito importante para a promoção da AM de extensão do joelho (flexibilidade), pois garante uma tensão constante nos músculos flexores do joelho.

Entretanto, mesmo no estudo realizado por Sullivan et al. (1992), onde a posição do quadril foi mantida, o ganho na AM de extensão do joelho foi, aproximadamente, 50% menor que o alcançado no presente trabalho. Esta diferença pode ter ocorrido, pois no nosso estudo, além da posição do quadril ter sido mantida em anteversão durante os alongamentos, o que garantiu a tensão excêntrica dos flexores do joelho durante todo o tempo do alongamento, os voluntários permaneceram na postura em pé e com descarga de peso no membro inferior analisado.

Resultado semelhante ao aqui obtido foi encontrado por Rosário (2003), que também aplicou um protocolo de alongamento ativo dos músculos flexores

do joelho obtendo como resultado aumento na AM de extensão do joelho de 23,9°.

Entretanto, existem experimentos, como os realizados por Gribble et al. (1999) e Feland et al. (2001a) que utilizaram a técnica estática passiva e a postura deitada para alongar os músculos flexores do joelho e obtiveram ganho na AM de extensão do joelho superiores ao alcançado neste experimento, algo em torno de 33% e 50%, respectivamente. Presume-se que esta diferença tenha acontecido, pois os exercícios foram realizados com o auxílio de um terapeuta que, provavelmente, controlou os alongamentos conseguindo manter, além da posição do quadril, os segmentos corporais bem estabilizados durante os exercícios. Estes dados demonstraram que a técnica estática passiva com o auxílio de um terapeuta também é muito efetiva em promover a flexibilidade dos músculos flexores do joelho durante o processo de reabilitação, período em que o paciente necessita da ajuda de um terapeuta. Por outro lado, alguns autores como Frontera (1999) acreditam que a necessidade de auxílio durante os alongamentos seja um aspecto negativo na técnica de alongamento, embora muitas vezes, devido às condições do indivíduo, ela necessite ser usada. Mas, não se pode deixar de considerar que após seu restabelecimento ele deverá realizar os alongamentos sozinho, utilizando para isto uma autopostura, neste caso o alongamento estático ativo excêntrico realizado na postura em pé com descarga de peso no membro alongado, parece ser o mais indicado, tendo em vista os resultados apresentados neste trabalho.

Cabe ressaltar, que o programa de alongamento utilizado no presente trabalho, bem como outros programas, não pode ser executado pelos indivíduos, por meio de autopostura, sem que, antes, sejam submetidos a uma avaliação física realizada por um profissional qualificado. Pois, com base nesta avaliação,

os profissionais poderão orientá-los quanto a melhor forma de realização destes exercícios em função da capacidade e necessidade de cada um.

O ganho na AM de extensão do joelho aqui obtido demonstra que a flexibilidade dos músculos flexores do joelho aumentou após a realização do programa de alongamento ativo excêntrico estabelecido. Este aumento pode ter sido causado por mudanças no comprimento muscular em virtude do aumento no número sarcômeros em série (Tabary et al., 1972; Williams e Goldspink 1973; 1978; Titball et al., 1998; Koh e Herzog, 1998; Koh e Tidball, 1999; Coutinho, 2003; Coutinho et al., 2004).

Como já está bem estabelecido na literatura, o músculo esquelético apresenta plasticidade, sendo assim, músculos encurtados são capazes de retornar ao seu comprimento funcional após serem estimulados como, por exemplo, imobilizados em posição de alongamento (Tabary et al., 1972), submetidos a alongamento associado à contração (eletroestimulação) (Williams et al., 1988), ou por meio de sessões de alongamentos intermitentes (Coutinho, 2003; Coutinho et al., 2004), o que induz o aumento no número de sarcômeros em série (aumentando o comprimento muscular) principalmente nas regiões próximas às duas extremidades miotendíneas (Tabary et al., 1972; Williams e Goldspink 1973; 1978; Titball et al., 1998; Koh e Herzog, 1998; Koh e Tidball, 1999). Um número de sarcômeros em série adequado é importante no sentido de determinar a AM do segmento (Chan et al., 2001), ou seja, sua flexibilidade.

Os resultados obtidos neste trabalho demonstraram que ocorreu ganho na AM de extensão do joelho, mas, se isto resultou do aumento do comprimento dos músculos flexores do joelho em função do aumento no número de sarcômeros em série, não sabemos, pois segundo Gajdosik et al., (2001) e Chan et al., (2001) isto não tem sido, devidamente, confirmado em músculos humanos, pela impossibilidade, ainda, de se avaliar esse aspecto em seres humanos.

7.2 – TORQUE PASSIVO DOS MÚSCULOS FLEXORES DO JOELHO (60° de flexão do joelho)

Segundo Mandding et al. (2001) e Chan et al. (2001), fundamentalmente os exercícios de alongamento deveriam produzir queda na tensão de resistência passiva do tecido conjuntivo, o que resultaria em aumento na flexibilidade. Sendo assim, supõe-se que o aumento na AM deveria ser acompanhado por queda no torque passivo como resultado da diminuição na tensão de resistência passiva do tecido viscoelástico muscular.

Alguns estudos mostraram que os exercícios de alongamento provocam diminuição no torque passivo em função das alterações nas propriedades viscoelásticas do tecido conjuntivo (Taylor et al., 1990; Magnusson et al., 1995; 1996 a; 2000).

Dentre estes experimentos há os que identificaram diminuição na tensão após cada um dos alongamentos, dentro de uma série de alongamentos (Taylor et al., 1990; Magnusson et al., 1995). Em outro estudo foi verificado que após um único alongamento, com duração de 90s, causou queda no torque passivo de 33 - 38% (Magnusson et al., 1996 a). Verificaram também, que depois de repetidos alongamentos houve queda no torque passivo, e que esta alteração perdurou por 1 h (Magnusson et al., 1995) ou somente 30s (Magnusson et al., 2000).

No entanto, este resultado não foi verificado no presente trabalho, não houve diminuição no torque passivo dos músculos submetidos ao alongamento. Considerando os estudos acima citados, com exceção do realizado por Taylor et al. (1990), presume-se que a não constatação na diminuição no torque passivo neste experimento, pode ter ocorrido por dois fatores: o primeiro é que este estudo foi realizado em longo prazo, diferente dos estudos acima mencionados. O segundo fator pode ter sido a forma da avaliação do torque passivo, pois neste

trabalho utilizou-se somente a fase dinâmica da avaliação no dinamômetro, enquanto a maioria dos experimentos, que analisaram os efeitos imediatos dos alongamentos sobre torque passivo, avaliaram as duas fases dinâmica e estática. Utilizando a fase estática os estudos puderam analisar, também, a resposta do torque após um tempo de alongamento em que o braço do dinamômetro permaneceu parado. Mas, não foi nenhum destes dois fatores que, provavelmente, tenha influenciado os resultados do presente estudo, quanto às alterações no torque passivo, tendo em vista que este tipo de análise foi feita por Magnusson et al. (1996 b).

Magnusson et al. (1996 b) avaliaram o torque passivo, pré e pós-programa de alongamento dos músculos flexores do joelho, realizado durante três semanas, utilizando tanto a fase dinâmica quanto a estática durante as avaliações. No entanto, eles também constataram que não houve alteração no torque passivo dos músculos alongados, calculado de acordo com a diferença entre o torque alcançado no final da fase dinâmica e o alcançado no final da estática, mas a AM de extensão do joelho pós-alongamentos, aumentou. Diante destes resultados os autores comentaram que o aumento na AM de extensão do joelho não ocorreu devido a alterações viscoelásticas do tecido conjuntivo, mas sim pelo aumento na tolerância dos indivíduos ao alongamento. Os resultados do presente estudo corroboram com os achados por estes autores, no sentido de que não foi constatada alteração no torque passivo dos músculos flexores do joelho pós-alongamentos, mas a AM de extensão do joelho aumentou. Contudo, se o aumento na AM de extensão do joelho, alcançado em nosso estudo, foi devido ao aumento na tolerância ao alongamento dos voluntários, como relata os autores, não é possível determinar, pois no estudo realizado por eles esta avaliação foi executada em uma AM máxima de desconforto (dor), no final da fase dinâmica, e em nosso estudo foi analisada de acordo com o início da

sensação de alongamento. Sendo assim, não analisamos tolerância do desconforto ao alongamento.

Outros estudos realizados, tanto em curto prazo (10 min de alongamento) quanto em longo prazo (quatro semanas), não constataram alteração no torque passivo dos músculos flexores do joelho, pré e pós-alongamentos, utilizando apenas a fase dinâmica, como no presente trabalho. Também demonstraram que apesar do torque passivo não ter alterado houve aumento na AM de flexão do quadril (Halbertsma et al., 1994; 1996).

Halbertsma et al. (1994; 1996) avaliaram o torque passivo dos músculos flexores do joelho, pré e pós-alongamentos, em duas diferentes AM de flexão do quadril: a primeira a 75% da AM final, estabelecida para todos os voluntários e utilizada durante as avaliações pré e pós-alongamentos, e a segunda foi a AM final avaliada em função da sensação de tensão máxima tolerável (desconforto/dor) de alongamento de cada voluntário, portanto poderia variar pós-alongamentos. Foi verificado que a 75% da AM final de flexão do quadril, o valor torque passivo não alterou. Entretanto, a AM final aumentou. Estes resultados demonstraram que o torque passivo não alterou pós-alongamento, tendo em vista a avaliação realizada na mesma AM pré e pós-alongamentos. Contudo, a AM final, avaliada em função da sensação de alongamento de cada voluntário, aumentou. Com base nestes resultados os autores mencionaram que, seja o programa de alongamento realizado em curto ou em longo prazo, o aumento na AM não ocorreu devido a alterações do componente viscoelástico do tecido conjuntivo, mas sim pelo aumento na tolerância ao alongamento, pois o torque passivo não mudou, mas os voluntários alcançaram uma AM maior de movimento.

Os resultados do presente trabalho corroboram com os apresentados pelos experimentos acima citados, considerando que em nosso estudo constatou-se que

o torque passivo dos músculos flexores do joelho a 60° de flexão do joelho, AM estabelecida para todos os voluntários e avaliada pré e pós-programa de alongamento, não alterou, contudo a AM de extensão do joelho, alcançada de acordo com a sensação inicial de tensão de alongamento de cada voluntário aumentou. Entretanto, como já comentado, não se pode dizer que o aumento na AM alcançada em nosso estudo foi devido a alterações na tolerância ao alongamento dos indivíduos estudados, pois estes autores também analisaram a AM máxima de desconforto (dor), no final da fase dinâmica.

Portanto, os estudos realizados por Magnusson et al. (1996 b) e Halbertsma et al. (1994; 1996), não verificaram alteração no torque passivo pós-alongamentos, em curto ou em longo prazo, de acordo com diferentes formas de avaliação.

Porém, resultados interessantes foram obtidos por Chan et al. (2001) que investigaram, por meio de um dinamômetro, as respostas da AM de extensão do joelho e torque passivo dos músculos flexores do joelho, após submetê-los a dois programas de alongamento realizados em quatro e oito semanas como já descrito. Foi constatado que a AM de extensão do joelho, de acordo com a sensação de máxima tensão de cada voluntário (fase dinâmica), aumentou após a realização de ambos os programas de alongamento, mas não houve diferença entre os programas. Também foi verificado que o torque passivo aumentou após a quarta semana de alongamento, entretanto diminuiu após a oitava semana. Segundo os autores, o aumento na AM de extensão do joelho, e como consequência o aumento no torque passivo dos músculos flexores do joelho devido ao peso da perna ser maior em maiores AM, após a quarta semana, ocorreu devido ao aumento da tolerância dos voluntários ao alongamento, pois os voluntários alcançaram maior AM sem diminuir o torque passivo. Mas, que a diminuição no torque passivo após a oitava semana, analisado na mesma AM, é

indicativo de que houve alteração nas propriedades viscoelásticas do tecido conjuntivo do músculo. Os autores defendem que o aumento na AM de extensão do joelho em função de alterações nas propriedades viscoelásticas do tecido, o que resulta em queda no torque passivo, é dependente do tempo de duração dos programas de alongamento.

Diante destes resultados, pode se pressupor que as quatro semanas de alongamento realizados neste estudo não tenham sido suficientes para causar queda no torque passivo dos músculos flexores do joelho. Supostamente, a execução de um programa de alongamento por um período maior de tempo possa resultar em alterações no torque passivo do grupo muscular flexor do joelho.

Outro fator que pode ter, supostamente, contribuído para a não constatação de mudança no torque passivo pós-alongamento em nosso estudo, foi o ângulo analisado, ou seja, 60° de flexão do joelho. Provavelmente, esta angulação não tenha exigido tensão suficiente do tecido elástico para que no pós-alongamento pudesse ser mensurada alguma queda no torque passivo. Apesar do estudo realizado por (Magnusson et al. 1996 b), ter analisado o torque passivo de acordo com a tensão máxima tolerável, mas sem dor, e não verificaram mudanças no torque passivo após três semanas de alongamento.

Considerando os achados dos autores que analisaram as respostas do torque passivo em curto prazo e verificaram que depois de repetidos alongamentos houve queda no torque passivo, e que esta alteração perdurou por 1 h (Magnusson et al., 1995) ou somente 30s (Magnusson et al., 2000), pressupõe-se que o tempo entre o final do programa de alongamento e a avaliação do torque passivo no pós-teste no nosso experimento, que foi de, aproximadamente, uma semana pode ter sido longo demais, por isto a não constatação de alteração no torque passivo pós-alongamentos. Neste sentido,

Chan et al. (2001) re-avaliou seus voluntários um dia após os programas de alongamento, mas observou queda do torque passivo somente após oito semanas. Portanto, é outra questão a ser esclarecida quando um protocolo em longo prazo é estudado.

Talvez fosse interessante a realização de estudos que aplicassem programas de alongamento por um período maior de tempo (maior que quatro semanas) que avaliassem o torque passivo do grupo muscular alongado, também, durante a fase estática da avaliação no dinamômetro de acordo com a tensão máxima tolerável, sem dor, de alongamento, já que Magnusson et al. (1996 b) ressaltam a necessidade de novos experimentos utilizando estas duas fases para analisar a resposta do torque passivo pós-alongamentos. Bem como, analisar as repostas do torque passivo a partir de horas ou até dias após do término do programa de alongamento em longo prazo para verificar, inclusive, se há manutenção da queda do torque passivo e por quanto tempo, que é o objetivo dos programas de alongamento.

É de extrema importância ressaltar que as mudanças estruturais e/ou químicas que ocorrem nos tecidos como resultado dos alongamentos, não são completamente conhecidas (Magnusson et al., 1996 b; Alter, 1996). Isto reforça, ainda mais, a necessidade de realização de novos estudos que analisem o torque passivo após diferentes programas de alongamento.

7.3 – TORQUE ISOMÉTRICO E ISOCINÉTICO CONCÊNTRICO E EXCÊNTRICO DOS MÚSCULOS FLEXORES E EXTENSORES DO JOELHO A 30°/S E 60°/S

7.3.1- Torque isométrico dos músculos extensores do joelho

Os resultados deste trabalho mostraram que os músculos extensores do joelho apresentaram aumento no pico de torque isométrico pós-alongamento excêntrico do grupo muscular flexor do joelho, ou seja, houve aumento no pico de torque dos músculos antagonistas aos alongados.

Segundo Wilmore e Costill (2001), pelo princípio da especificidade, um programa de treinamento faz com que ocorram adaptações fisiológicas específicas nos músculos treinados em resposta ao estímulo do exercício realizado. Esta resposta ocorre nos mesmos músculos que foram treinados. Apesar de ainda não estar bem claro na literatura, esta adaptação pode ocorrer a partir do sistema nervoso (adaptações neurais) que pode controlar o nível de tensão no músculo, variando o número de unidades motoras ativas, sua frequência de ativação e o nível de sincronia entre elas. Isto sugere que, a realização de treinamento isométrico pode induzir o aumento no torque isométrico dos músculos submetidos ao exercício.

É importante salientar que os voluntários que participaram do presente estudo apresentavam encurtamento dos flexores do joelho e que, portanto, durante a execução dos alongamentos não conseguiam fletir o tronco e estender os joelhos ao mesmo tempo. Assim sendo, os alongamentos foram realizados, pela maioria dos voluntários, com os joelhos semi fletidos. De acordo com Norkin e White (2001), quando os joelhos estão fletidos o quadríceps aumenta

sua atividade para manter esta postura. Neste sentido, Perry e Ford (1975) menciona que quando o joelho está fletido entre 15 e 30° a força do quadríceps aumenta, progressivamente, chegando até 51% da força necessária somente para manter os joelhos estendidos na postura ereta.

Moore e Hutton (1980) demonstraram que esta co-contração, entre os dois grupos musculares, flexores e extensores, durante o alongamento ativo (alongamento com contração) dos flexores do joelho, é necessária para manter a articulação do joelho estabilizada. De acordo com Enoka (2000), a coativação entre grupos musculares aumenta a estabilização articular.

Diante destes dados, pode-se presumir que a especificidade ao treinamento pode ter sido uma das causas do aumento no torque isométrico dos músculos extensores do joelho no presente estudo, pois o programa de alongamento dos músculos flexores do joelho foi realizado mediante uma técnica de alongamento ativo excêntrico na postura em pé e, assim sendo, este grupo muscular teve de permanecer contraído todo o tempo que durou o alongamento. Mas, se só os músculos flexores mantivessem contraídos, o joelho seria fletido, então, os extensores também tiveram de permanecer contraídos (co-contração ou coativação) para aumentar a estabilidade do joelho para que este não fletisse., Portanto, pode-se supor que os músculos extensores do joelho mantiveram-se fortemente contraídos isometricamente durante a realização do alongamento ativo dos músculos flexores do joelho na postura em pé, o que, provavelmente, proporcionou o aumento no torque isométrico deste grupo muscular pós-programa de alongamento.

7.3.2 – Torque isométrico dos músculos flexores do joelho

Os resultados aqui encontrados mostraram que o pico de torque isométrico dos músculos flexores do joelho também aumentou pós-programa de alongamento ativo excêntrico deste grupo muscular na postura em pé com descarga de peso no membro alongado.

Os resultados obtidos neste estudo estão em concordância com os achados por Guirro et al. (2001) e Rosário (2003). Ambos estudos avaliaram a influência de diferentes programas de alongamento (ativo e passivo, respectivamente) dos flexores do joelho sobre a AM de extensão do joelho (flexibilidade) e força muscular isométrica (Kgf). Tanto a AM quanto força isométrica aumentaram pós-programa de alongamento nos dois experimentos. Guirro et al. (2001) justificaram o aumento na força isométrica, pós-alongamento, como sendo devido a uma melhor relação tensão-comprimento dos sarcômeros, tendo em vista que a AM de extensão do joelho aumentou (aumento no comprimento dos músculos flexores do joelho). Neste mesmo estudo, foi constatada correlação positiva entre o comprimento deste grupo muscular, em função do ângulo avaliado, e a força isométrica desenvolvida por eles, ou seja, a 30° de flexão do joelho foi alcançado maior nível de força que em comprimentos maiores (90° e 120°).

Esta mesma correlação foi feita com base em estudos realizados com animais imobilizados onde foi verificado que o aumento do comprimento muscular, depois de imobilizado em posição alongada, induz o aumento no número de sarcômeros (Goldspink, 1968; Williams e Goldspink, 1971; Tabary et al., 1972) a fim de manter seu comprimento funcional ideal para que seja possível sobreposição ótima entre os filamentos de actina e miosina (Williams e Goldspink, 1978), proporcionando a ligação entre um número maior de pontes

cruzadas e assim gerar maiores tensões, o que vem de encontro às bases morfofuncionais da relação tensão-comprimento da fibra muscular.

7.3.3 – Torque isocinético, trabalho total e potência média durante a contração concêntrica dos músculos extensores do joelho a 30°/s e 60°/s

Os resultados deste trabalho demonstraram que o pico de torque isocinético concêntrico dos músculos extensores do joelho, pós-programa de alongamento dos flexores, aumentou na velocidade a 60°/s. Também foram constatados o aumento no trabalho total e potência média em ambas as velocidades analisadas.

Enoka (2002) comenta que o aumento na flexibilidade dos músculos flexores do joelho contribui para o aumento no torque dos extensores.

O aumento na força muscular pode ser resultado do incremento proporcionado pelo tecido elástico do músculo (Kisner e Colby, 1998; Hamill e Knutzen, 1999; Lehmkuhl e Smith (2000); Wilmore e Costill, 2001).

Segundo Alter (1996), quando um músculo é alongado excentricamente seus componentes elásticos, paralelo e em série têm a capacidade de armazenar energia potencial elástica. Se imediatamente após este alongamento houver uma contração concêntrica, esta energia armazenada será então liberada aumentando a força de contração do músculo (Frontera, 1999).

Os resultados encontrados neste estudo estão de acordo com os dados relatados pelos autores acima mencionados, pois o aumento no pico de torque dos músculos extensores do joelho durante a realização das contrações concêntricas, sugere que o ganho na flexibilidade dos músculos flexores do joelho, provavelmente, proporcionou uma contração concêntrica dos músculos extensores mais efetiva por, talvez, não limitar o final da AM de extensão do

joelho como deve ter ocorrido antes dos alongamentos. Sendo assim, presume-se que o aumento na flexibilidade dos flexores propiciou (maior recrutamento) e um incremento na contração concêntrica dos extensores por meio da melhor utilização da energia potencial armazenada pelos seus componentes elásticos durante as contrações excêntricas- concêntricas consecutivas.

Hamill e Knutzen (1999) defendem que quanto maior a velocidade entre as contrações excêntricas-concêntricas, melhor o aproveitamento da energia armazenada para incrementar a contração concêntrica subsequente. Pode-se supor, que o aumento no pico de contração concêntrica dos extensores tenham ocorrido, na velocidade mais alta (60°/s), pelo fato destes músculos sofrerem maior incremento em sua força contrátil nesta velocidade. Supõe-se que, este incremento além de aumentar o pico de torque concêntrico, também proporcionou aumento no trabalho total e potência média durante as contrações concêntricas dos extensores, pós-alongamentos dos flexores do joelho.

Em um estudo realizado por Hortobagyi et al. (1985), foi verificado que o aumento na flexibilidade dos músculos antagonistas (flexores do joelho) influenciou a potência dos agonistas (extensores do joelho). Porém, não foi verificado aumento no pico de torque concêntrico dos músculos extensores do joelho. Os autores mencionaram que apenas o aumento na flexibilidade dos flexores pode ter influenciado nas propriedades mecânicas intrínsecas do músculo extensor como, por exemplo, o maior recrutamento das unidades motoras.

Os resultados aqui obtidos corroboram com os achados pelos autores acima citados, tendo em vista que neste trabalho houve aumento na potência média dos músculos extensores do joelho (agonistas) pós-programa de alongamento dos músculos flexores (antagonistas), na velocidade a 30°/s, sem que fosse verificado aumento no torque concêntrico nesta velocidade. Em nosso

estudo, além do aumento na potência média, também foi verificado aumento no trabalho total nesta velocidade. Uma suposta justificativa para estes resultados, talvez seja o fato de que os voluntários tenham conseguido manter maior nível de contração concêntrica, pelo suposto aumento no número de unidades motoras ativas, durante a execução do teste isocinético, pós-alongamentos, o que resultou em maior trabalho total (aumento na área sob a curva torque x tempo) e, conseqüentemente, o aumento da potência média, contudo o nível de contração concêntrica máxima a 30°/s não foi suficiente para aumentar o pico de torque nesta velocidade, pós-alongamentos.

7.3.4 – Torque isocinético, trabalho total e potência média durante a contração excêntrica dos músculos extensores do joelho a 30°/s e 60°/s

Os resultados encontrados neste experimento mostraram que houve um aumento no pico de torque excêntrico dos músculos extensores do joelho, pós-programa de alongamento dos flexores do joelho, na velocidade a 30°/s. Também foi constatado que o trabalho total e a potência média, durante as contrações excêntricas, aumentaram em ambas as velocidades avaliadas.

Dvir (2002) menciona que durante os movimentos de flexão e extensão do joelho há co-contratação entre os músculos flexores e extensores, e ocorrem mediante tipos de contrações opostas, por exemplo, excêntrico-concêntrico ou vice-versa, no sentido de obter o equilíbrio dinâmico dos movimentos realizados. Neste sentido, Enoka (2002) afirma que uma articulação estável provém de um equilíbrio nos movimentos produzidos pelos grupos musculares agonistas e antagonistas envolvidos, e isto está mais ligado à atividade adequada das unidades motoras em estar ativando suas fibras musculares de forma mais

eficiente, por exemplo, recrutando maior número de fibras musculares e de forma mais sincronizada.

Os dados acima apresentados estão em conformidade com os encontrados no presente trabalho, pois se presume que este controle dinâmico do movimento (agonista-antagonista) pode, supostamente, ter promovido a contração excêntrica dos músculos extensores do joelho, tendo em vista que a contração excêntrica dos extensores foi iniciada com o joelho, praticamente, estendido após a contração concêntrica deste mesmo grupo muscular, no final da AM de extensão isocinética do joelho (aproximadamente 30° de flexão). Portanto, para que a transição da contração concêntrica para a excêntrica dos músculos extensores fosse mais efetiva, supõe-se que os músculos flexores, mais flexíveis pós-alongamento, tenham favorecido esta mudança no final do movimento de extensão do joelho. Isto, provavelmente, permitiu que os músculos extensores realizassem a transição da contração concêntrica para a excêntrica de forma mais eficiente. Assim, o nível de tensão para a realização da contração excêntrica dos extensores pôde ser, supostamente, mantida de forma mais efetiva, tendo em vista que o trabalho total e a potência média aumentaram nas duas velocidades avaliadas. Entretanto, não atingiu um nível máximo de contração suficiente para aumentar o pico de torque a 60°/s.

De acordo com Lehmkuhl e Smith (2000), a contração excêntrica é, praticamente, pura contração ativa, ou seja, há pouca participação por parte dos componentes elásticos. Sendo assim, o aumento no pico de torque durante a contração excêntrica sugere que houve aumento no número de pontes cruzadas ativas. Pressupõe-se, que isto pode ser justificado pela melhor dinâmica articular durante a transição da contração concêntrica para excêntrica permitindo que durante a excêntrica fosse mantida a tensão adquirida na concêntrica. Justificando, também, o aumento no pico de torque excêntrico do grupo

muscular extensor, bem como o trabalho total e a potência média na velocidade mais baixa (30°/s). Portanto, supõe-se que tanto o aumento na tensão quanto o equilíbrio nos movimentos produzidos pelos grupos musculares agonistas e antagonistas envolvidos, foram mais efetivos na velocidade a 30°/s.

É muito importante ressaltar que o aumento no torque dos músculos extensores, tanto nas contrações concêntricas (60°/s) quanto nas excêntricas (30°/s), bem como o aumento no trabalho total e potência média em ambos os tipos de contrações e velocidades estudadas, pode, presumivelmente, não ter ocorrido só como resultado do aumento na flexibilidade dos músculos flexores. O aumento na performance deste grupo muscular pode, supostamente, também ser atribuído à postura em pé com descarga de peso no membro avaliado utilizada para os alongamentos, já que o grupo muscular extensor, como já citado, manteve os joelhos fletidos, para manter a postura, durante a realização dos alongamentos, aumentando sua força em, pelo menos, 51% como citado Perry e Ford (1975). Talvez, os alongamentos realizados na postura em pé com descarga de peso no membro alongado durante quatro semanas, exigiram um nível de contração suficiente, do grupo muscular extensor, para provavelmente, causar alterações neurais que, supostamente, também contribuíram para o melhor desempenho deste grupo muscular durante as avaliações isocinéticas.

7.3.5 – Torque isocinético, trabalho total e potência média durante as contrações excêntricas dos músculos flexores do joelho a 30°/s e 60°/s

Os resultados indicaram que o pico de torque excêntrico dos músculos flexores do joelho, após serem submetidos ao programa de alongamento ativo excêntrico na postura em pé, aumentou na velocidade a 30°/s. Contudo, não foi

verificado aumento no trabalho total e na potência contrátil durante a contração excêntrica dos flexores em ambas as velocidades analisadas.

Quanto ao aumento no pico de torque excêntrico, os resultados encontrados neste experimento corroboram com os achados por Worrell et al. (1985), que também verificaram aumento no pico de torque excêntrico dos músculos flexores do joelho, após submetê-los a um programa de alongamento.

Este trabalho também verificou aumento no comprimento dos músculos flexores do joelho (flexibilidade) mediante a avaliação da AM de extensão do joelho. Como já exposto, o aumento no comprimento muscular, pode ocorrer devido ao aumento no número de sarcômeros em série (Tabary et al., 1972), a fim de manter o seu comprimento funcional ideal para que seja possível uma sobreposição ótima entre os filamentos de actina e miosina, permitindo ao músculo gerar maiores níveis de tensão mediante ao novo comprimento funcional.

Estes resultados sugerem que o aumento no pico de torque registrado durante a contração excêntrica dos músculos flexores do joelho pode ter ocorrido devido ao, suposto, aumento no número de sarcômeros em série nas fibras musculares que, de acordo com a relação tensão-comprimento, gerou aumento no nível de tensão máxima, pós-alongamentos.

Outra dedução pode ser feita com relação ao aumento no pico de torque dos músculos flexores durante a contração excêntrica. É com relação às adaptações neurais sofridas por músculos submetidos a um programa de alongamento que, conseqüentemente, pode influenciar o aumento no torque muscular. De acordo com Alter (1996), uma das explicações para o aumento na AM pós-programa de alongamento, é a redução nos níveis de excitabilidade neural dos componentes neurológicos pertencentes aos músculos. Considerando que, segundo Hamill e Knutzen (1999), o alongamento ativo induz uma resposta

mais pronunciada do OTG (órgão tendinoso de Golgi), supostamente, este tipo de alongamento pode, então, atenuar a resposta deste componente neural, permitindo maior produção de tensão dos músculos que foram submetidos ao alongamento ativo. Estes dados sugerem que o maior pico de torque atingido pelos músculos flexores do joelho pode ter ocorrido devido à redução na excitabilidade do OTG, pós-alongamentos, e que isto permitiu que eles produzissem maior torque durante a avaliação isocinética.

Embora tenha ocorrido o aumento no pico de torque dos flexores, não houve aumento no trabalho total e nem na potência média durante a realização das contrações excêntricas deste grupo muscular. Estes resultados podem ser, supostamente, justificados mediante a forma de realização da avaliação isocinética dos flexores durante a contração excêntrica.

A avaliação excêntrica dos músculos flexores foi iniciada a partir de 90° de flexão do joelho. Para que o braço de alavanca do dinamômetro pudesse iniciar o movimento de extensão do joelho, os voluntários deveriam dar um “start” na almofada acoplada a ele, produzindo, para isto, pequena flexão do joelho, porém de média intensidade. Só assim o braço de alavanca iniciava o movimento de extensão do joelho para que o voluntário pudesse resistir a ele e produzir contração excêntrica dos flexores do joelho. Mas, durante a realização das cinco repetições do movimento de extensão do joelho o voluntário teve de dar o “start” realizando a flexão do joelho que deveriam ser realizadas de forma rápida e contínua durante as contrações. Mas este movimento nem sempre foi devidamente executado, pois segundo relatos dos voluntários houve certa dificuldade em manter de forma contínua a transição entre as contrações concêntricas-excêntricas dos músculos flexores. Portanto, supõe-se que este início do movimento, para a avaliação da contração excêntrica, provavelmente, prejudicou o registro feito pelo dinamômetro, sendo assim, não houve diferença

entre os valores de trabalho total e a potência média durante as contrações excêntricas quando avaliados pós-alongamentos. Provavelmente, esta dificuldade de realização da avaliação excêntrica tenha sido mais pronunciada na velocidade mais alta (60°/s), pois na velocidade mais baixa (30°/s) foi verificado aumento no pico de torque excêntrico deste grupo muscular.

Convém mencionar outro fator que pode ter influenciado negativamente a execução do teste para avaliação dos flexores. Foi a preocupação, relatada pelos voluntários durante o pós-teste, com a dor de início retardado neste grupo muscular sentida pelos voluntários após realização do pré-teste.

7.3.6 – Torque isocinético, trabalho total e potência média durante as contrações concêntricas dos músculos flexores do joelho a 30°/s e 60°/s

Os resultados deste estudo demonstraram que o pico de torque concêntrico dos músculos flexores do joelho aumentou durante a avaliação isocinética realizada na velocidade a 30°/s. O trabalho total, bem como a potência média aumentaram em ambas as velocidades analisadas.

Segundo Frontera (1999) e Durigon (1999), a melhora na flexibilidade dos músculos flexores do joelho aumenta a habilidade em gerar torque concêntrico, pois durante o alongamento, ou contração excêntrica deste mesmo grupo muscular, os componentes elásticos pertencentes aos músculos armazenam energia potencial elástica que é liberada caso o músculo seja, imediatamente, contraído concentricamente. Sendo assim, há incremento na capacidade contrátil do músculo. Os autores mencionam, ainda, que quanto maior a extensibilidade do músculo maior a energia absorvida e maior será o incremento da contração concêntrica, sofrida por ele.

Estes dados estão de acordo com os encontrados no presente estudo, pois a avaliação da contração concêntrica dos flexores do joelho foi iniciada com o joelho praticamente estendido (30° de flexão) após sua contração excêntrica (alongados excêntrica). Então, presume-se que o aumento na flexibilidade deste grupo muscular, pós-alongamentos, tenha diminuído o grau de limitação sobre a extensão do joelho. Isto, supostamente, permitiu que os flexores do joelho atingissem maior grau de extensibilidade durante sua contração excêntrica, no final da extensão do joelho, conseguindo armazenar maior quantidade de energia potencial para que imediatamente após pudesse incrementar sua contração concêntrica.

Quanto ao aumento no pico de torque concêntrico dos flexores, os resultados aqui obtidos estão em concordância com os achados por Worrell et al. (1994), que constataram a ocorrência de aumento no pico de torque concêntrico dos flexores do joelho após terem sido submetidos a um programa de alongamento. Os autores também justificaram este aumento como sendo resultado da maior energia armazenada durante a contração excêntrica o que incrementou a contração concêntrica. Entretanto, não conseguiram explicar a causa do aumento no pico de torque ter ocorrido na velocidade mais alta ($120^\circ/s$) e não na mais baixa ($60^\circ/s$). Mencionaram que novos estudos são necessários para explicar tal resultado. Em nosso estudo ocorreu o oposto, foi verificado aumento no pico de torque concêntrico dos flexores durante a realização da velocidade mais baixa ($30^\circ/s$). Neste caso, o que, provavelmente pode ter ocorrido é que durante a realização desta avaliação, além do incremento em função do componente elástico, houve aumento no número de pontes cruzadas formadas na velocidade mais baixa, tendo em vista que este grupo muscular aumentou sua flexibilidade pós-alongamentos e, supostamente, o número de sarcômeros em série podendo gerar maiores níveis de tensão, principalmente na

velocidade a 30°/s. Proporcionando, também, o aumento no trabalho total e potência média durante as contrações concêntricas em ambas as velocidades.

Pode-se supor, ainda, que estes resultados podem ter sido influenciados pelo aumento na flexibilidade dos flexores do joelho que, também, pode ter, provavelmente, proporcionado melhora na dinâmica articular mediante o equilíbrio agonista-antagonista, como já citado anteriormente. Este equilíbrio, supostamente, foi mantido durante a realização das contrações na AM avaliada o que, talvez, justificaria o aumento no trabalho total e na potência média durante as contrações concêntricas dos flexores do joelho.

8 – CONCLUSÕES

A análise dos dados obtidos neste estudo, após a realização do programa de alongamento ativo excêntrico dos músculos flexores do joelho na postura em pé, durante quatro semanas, permite concluir que:

O programa de alongamento excêntrico aplicado neste trabalho foi eficiente em aumentar, consideravelmente, a AM de extensão do joelho. Isto indica que este programa é extremamente efetivo quando se visa aumentar a flexibilidade dos músculos flexores do joelho.

Não foi verificada alterações no torque muscular passivo a 60° de flexão do joelho. Demonstrando que quando o objetivo dos alongamentos é obter alterações viscoelásticas do tecido conjuntivo (queda na resistência passiva) este programa de alongamento não seria apropriado.

Foi verificado aumento no pico de torque isométrico e isocinético (excêntrico e concêntrico a 30°/s) – músculos flexores do joelho (submetidos ao alongamento), bem como ocorreu o aumento no pico de torque isométrico e isocinético (concêntrico a 60°/s e excêntrico a 30°/s) dos extensores do joelho (seus antagonistas). Estes achados são muito importantes, pois pacientes que apresentam déficit de força em ambos os grupos musculares estudados, como pessoas idosas, poderão se beneficiar de forma significativa deste programa de alongamento.

9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHOUR, A. Alongamento e aquecimento: aplicabilidade na performance atlética. **Revista da Associação dos Professores de Educação Física de Londrina.**, v. 10, n. 18, p. 50 – 69, 1995.

ALEXANDER, R. M. Elastic mechanisms in animal movement. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.

ALTER, M. J. Ciência da flexibilidade. 2^a ed. Artmed, Porto Alegre, 1999.

ANDERSON, B.; BURKE, E. R. Scientific, medical, and practical aspects of stretching. **Clin. Ports Med.**, v. 10, p. 63 – 86, 1991.

ANDREWS, R. J.; HARRELSON, G. L.; WILK, K. E. Reabilitação física das lesões desportivas. 2^a ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2000. 106 p.

BANDY, W. D.; IRION, J. M. The effects of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscle. **Phys. Ther.**, v. 74 (9), p. 845-852, 1994.

BANDY, W. D.; IRION, J.M.; BRIGGLER, M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. **Phys. Ther.** , v. 77 (10), p. 1090-1096, 1997.

BANNERMAN, N. et al. Increase in soleus muscle length: A comparison between two stretching techniques. **J. Phys.**, p.15-18, 1995.

BIENFAIT, M. Fisiologia da terapia manual. Summus, São Paulo, 1989.

CHAN, S. P.; HONG, Y.; ROBINSON, P. D. Flexibility and passive resistance of hamstrings of young adults using two different static stretching protocols. **Scand. J. Med. Sci. Sports.**, v.11, p. 81 – 86, 2001.

COUTINHO, E. L. **O efeito do alongamento passivo no músculo sóleo.** 2003. Dissertação (Mestrado em fisioterapia) – Faculdade Federal de São Carlos.

COUTINHO, E.L., GOMES, A.R.S., FRANÇA, C.N.and SALVINI, T.F. The effect of passive stretching on the immobilized soleus muscle fiber morphology., **Braz J Med Biol Res**, 37: 1853-1861, 2004.

CUMMINGS, G. S.; TILLMAN, L. J. **Remodeling of dense connective tissue in normal adult tissues.** Citado em Currier, D. P.; Nelson, R. M. Dynamics of Human Biologic Tissues. F. A. Davis, Philadelphia, 1992.

DVIR, Z. **Isocinético: Avaliações musculares, Interpretações e Aplicações clínicas.** 1 ed. Manole, São Paulo, 2002.

DURIGON, O. F. S. O alongamento muscular: a interação neuromuscular. **Rev. Fisioter. Univ. São Paulo.**, v. 2, n. 1, p. 40 – 44, 1995.

ENOKA, R. M. **Bases biomecânicas da cinesiologia.** 2ª ed. Manole, São Paulo, 2000.

FELAND, J. B. et al. The effect of duration of stretching of the hamstring muscle group for increasing range of motion in people aged 65 years or older. **Phys. Ther.**, v. 81, p. 1100-1117, 2001 (a).

FELAND, J. B.; MYRER, J. W.; MERRILL, R. M. Acute changes in hamstring flexibility: PNF versus static stretch in senior athletes. **Phys. Ther. Sports.**, v. 2, p. 186 – 193, 2001(b).

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

GAJDOSIK, R. L. Passive extensibility of skeletal muscle: review of the literature with clinical implications. **Clinical Biomechanics.**, v. 16,p.87-101, 2001.

GARAMVÖLGYI, N. The functional morphology of muscle. In K. Laki, Contractile proteins and muscle (pp. 1-96). New York: Marcel Dekker.

GOLDSPINK, D. F. The influence of immobilization and stretch on turnover of rat skeletal muscle. **J. Physiol. (London).**, v. 264, p. 267-282, 1977.

GOLDSPINK, G. Sarcomere length during post natal growth of mammalian muscle fibres. **J. Cell. Sci.**, v. 3, p. 539 – 548, 1968.

GOLDSPINK, G. et al. Gene expression in skeletal muscle in response to stretch and force generation. **Am. J. physiol.**, v.262, p. 356 -363, 1992.

GRIBBLE, P. A. Effects of static and hold-relax stretching on hamstring range of motion using the FlexAbility LE1000. **J. Sport Rehabil.**, v.8, p.195 – 208, 1999.

GUIRRO, R. ; SERRÃO, F. V.; MAGDALON, E. C. ; MARDEGAN, M. F. B. Alterações do sinal mioelétrico decorrentes do alongamento muscular. **Anais do IX Congresso de Biomecânica.**, p. 245 – 250, 2001.

HALBERTSMA, J. P. K.; GÖEKEN, L. N. H. Stretching exercises: Effect on passive extensibility and stiffness in short hamstring of health subjects. **Arch. Phys. Med. Rehabil.**, v. 75, p.976 – 981, 1994.

HALBERTSMA, J. P. K.; BOLHUIS A. I.; GÖEKEN, L. N. H. Sport stretching: Effect on passive muscle stiffness of short hamstring. **Arch. Phys. Med. Rehabil.**, v.77, p. 688 -692, 1996.

HAMILL, J.; KNUTZEN, K. M. Bases biomecânicas do movimento humano. Manole, São Paulo, 1999.

HORTOBAGYI, T. J. et al. Effects of intense “stretching” – flexibility training on the mechanical profile of the knee extensors and on the range of motion of the hip joint. **J. Sports Med.**, v. 4, p. 317 – 321, 1985.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. Histologia Básica. 9ª ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1999.

KARPAKKA, J. et al. The effects of preimmobilization training and immobilization on collagen synthesis in rat skeletal muscle. **Inst. J. Sports Med.**, v. 11, p. 484-488, 1990.

KENDALL, F. P.; McCRERY, E. K.; PROVANCE, P.G. **Músculos: provas e funções.**, 4 ed. Manole, São Paulo, 1995.

KISNER, C.; COLBY L. A. Exercícios terapêuticos: fundamentos e técnicas. 3^a ed. São Paulo, Manole, 1998.

KOH, T. J.; HERZOG, W. Excursion is important in regulating sarcomere number in the growing rabbit tibialis anterior. **J. Physiol**, v.508, p. 267-280, 1998.

KOH T.J.; TIDBALL J.G. Nitric oxide synthase inhibitors reduce sarcomere addition in rat skeletal muscle. **J Physiol**, v. 519, n.1, p. 189-196, 1999.

LEHMKUHL, L. D.; SMITH, L. K. Cinesiologia Clínica. Manole, São Paulo, 2000.

MADDING, S. W. et al. Effects of duration of passive stretch on hip abduction range of motion. **J. Orth. Sports Phys. Ther.**, v. 8, n.8, p. 409-416, 1987.

MAGNUSSON, S. P.; AAGAARD, P.; NIELSON, J. J. Passive energy return after repeated stretches of the hamstring muscle-tendon unit. **Med. Sci. Sports. Exerc.**, v. 32, n.6, p. 1160-1164, 2000.

MAGNUSSON, S. P. et al. Viscoelastic response to repeated static stretching in the human hamstring muscle. **Scand. J. Med. Sci. Sports.**, v.5, p.342 – 347,1995.

MAGNUSSON, S. P. et al. Viscoelastic stress relaxation during static stretch human skeletal muscle in the absence of EMG activity. **Scand. J. Med. Sci. Sports.**, v.6, p.323 – 328,1996 (a).

MAGNUSSON, S. P. et al. A mechanism for altered flexibility in human skeletal muscle. **J. Physiol.** v. 497.1, p. 291 – 298, 1996 (b).

MARGINSON, V.; ESTON, R. The relationship between torque and joint angle during knee extension in boys and men. **J. Sports Sci.**, v.19, p. 875 -880, 2001.

MARQUES, A. P. Cadeias musculares – um programa para ensinar avaliação fisioterapêutica global. Manole, São Paulo, 2000.

MCHUGH, M. P. et al. Viscoelastic stress relaxation in human skeletal muscle. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v. 24, p. 1375 – 1382, 2001.

MCNAIR, P.J. et al. Stretching at the ankle joint: viscoelastic responses to holds and continuous passive motion. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v. 33, n. 3, p. 354 - 358, 2000.

MOORE, M. A.; HUTTON, R. S. Electromyographic investigation of stretching techniques. **Med. Sci. Sports. Exerc.**, v. 12, n. 5, p. 322 -329, 1980.

MURRAY, M. P. et al., Strength of isometric and isokinetic contractions. **Phys. Ther.**, v.60, n. 4, p. 413 – 419, 1980.

NORKIN. C. C.; WHITE, D. J. **Medida da amplitude de movimento articular: um guia para goniometria**. 2 ed. Philadelphia: FA Davis Co; 1995.

PERRY, J.; ANTONELLI, M. S.; FORD, W. Analyses of knee joint forces during flexed-knee stance. **J Bone Joint Surg**. V.57, n.7,p. 54-61, 1975.

ROSÁRIO, J. L. P. **Reeducação Postural Global e alongamento segmentar: um estudo comparativo**. 2003. Dissertação (Mestrado em Fisiopatologia Experimental) – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

SADY, S. P. et al. Flexibility training: ballistic, static or proprioceptive neuromuscular facilitation? **Arch. Phys. Med. Rehabil.**, v. 63, p. 261 – 263, 1982.

SALVINI, T. F. Plasticidade e adaptação postural dos músculos esqueléticos. IN: Marques, A. P. Cadeias musculares: um programa para ensinar avaliação fisioterapêutica global. Manole, São Paulo, 2000.

SHELLOCK, F. G.; PRENTICE, W. E. Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries. **Sports Med.**, v. 2, p. 267 -278, 1985.

SHEPHARD, R. J. Physiology and biochemistry of exercise. New York: Praeger, 1982.

SOUCHARD, P. E. O stretching global ativo. Manole, São Paulo, 1996.

SPERNOGA, S. G. et al. Duration of maintained hamstring flexibility after a one-time, modified hold-relax stretching protocol. **Journal of Athletic training**, v. 36, n. 1, p.44 -48, 2001.

SULLIVAN, M. K.; DEJULIA, J. J. Effect of pelvic position and stretching method on hamstring muscle flexibility. **Med. Sci. Sports. Exerc.**, v.24, n. 12, p. 1383 -1389, 1992.

TABARY, J.C. et al. Physiological and structural changes in the cat's soleus muscle due to immobilization at different lengths by plaster casts. **J. Physiol.**, v. 224, p. 231 -244, 1972.

TANIGAWA, M. C. Comparison of hold-relax procedure and passive mobilization on increasing muscle length. **Phys. Ther.**, v. 52, p. 725 – 735, 1972.

TAYLOR, D. C. et al. Viscoelastic properties of muscle-tendon units. **Am. J. Sports Med.**, v.18, n. 3, p. 300 – 309, 1990.

TAYLOR, D. C.; BROOKS, D. E.; RYAN, J. B. Viscoelastic characteristics of muscle: passive stretching versus muscular contractions. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.29, n. 12, p. 1619- 1624, 1997.

TIDBALL, J. G., LAVERGNE, E., LAU, K. S., SPENCER, M. J., STULL, J. T. and WEHLING, M. Mechanical loading regulates NOS expression and activity in developing and adult skeletal muscle. **Am J Physiol**, v.275, p.260-266, 1998.

WALLIN, D. et al. Improvement of muscle flexibility: a comparison between two techniques. **Am. J. Sports Med.**, v. 13, n. 4, p. 263 – 268, 1985.

WHITING, W.C.; ZERNICKE, R.F. Biomecânica da lesão músculo esquelética. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2001.

WILLIAMS, P. E.; GOLDSPINK, G. Longitudinal growth of striated muscle fibres. **J. Cell. Sci.**, v. 9, p. 751 – 761, 1971.

WILLIAMS, P. E.; GOLDSPINK, G. The effects of immobilization on the longitudinal growth of striated muscle fibers. **J. Anat.**, v. 116, p. 45 – 65, 1973.

WILLIAMS, P. E.; GOLDSPINK, G. Changes in sarcômero length and physiological properties in immobilized muscle. **J. Anat.** v. 127, p. 459 – 468, 1978.

WILLIAMS, P. E.; CATANESE, T.; LUCEY, E. G.; GOLDSPINK, G. The importance of stretch and contractile activity in the prevention of connective tissue accumulation in muscle. **J. Anat.**, v. 158, p. 109 -114, 1988.

WILLY, R. W. et al. Effect of cessation and resumption of static hamstring muscle stretching on joint rang of motion. **J. Orth. Sports Phys. Ther.**, v. 31, n.3, p. 138-144, 2001.

WILMORE, J. H.; COSTILL, D.L. Fisiologia do esporte e do exercício. 2^a ed. Manole, São Paulo, 2001.

WORRELL, T. W.; SMITH T. L.; WINEGARDNER, J. Effect of hamstring stretching on hamstring muscle performance. **J. Orth. Phys. Ther.**, v. 20, p. 154-159,1994.

ANEXO 1

FICHA DE AVALIAÇÃO

Data:/...../.....

<i>I – DADOS PESSOAIS</i>

Nome:

Data nascimento:

Idade:

Sexo:

CPF:

RG:

UF:

Local Nascimento:

UF:

Raça: () branca () negra () amarela () vermelha

Profissão atual (tempo):

Estado civil:

Grau de instrução:

Endereço:

Bairro:

Cidade:

UF:

Telefone:

E-mail:

OBSERVAÇÕES _____

II – ANAMNESE

1. Hábitos de vida:

a) Pratica atividade física?

() Sim Qual?

Frequência semanal:

() Não

b) Já praticou alguma atividade física?

() sim Qual?:

Por quanto tempo?:

Frequência semanal:

Há quanto tempo parou?

() não

1. Dados Clínicos:

a) Apresenta DCV diagnosticada, como hipertensão e /ou outras?

() Sim () Não

Médico:

Geralmente, qual é o valor de sua PA?

Antecedentes familiares: doenças?

OBSERVAÇÕES _____

III – EXAME FÍSICO

1. Sinais vitais

PA:.....x.....mmHg FC:.....bpm

2. Avaliação física

2.1) Apresenta ou já apresentou algum problema músculo-esquelético?

Fraturas:	() não	() sim
Luxações:	() não	() sim
Rupturas musculares	() não	() sim
Lesões nervosas:	() não	() sim
Tendinites:	() não	() sim
Problema de coluna:	() não	() sim

OUTROS : _____

2.2) Inspeção (avaliação postural)

2.3) Palpação

2.4) Testes de força → Flexão e extensão do joelho:

2.5) Avaliação da Amplitude de movimento (AM) de extensão do joelho:

GONIOMETRIA

Pré-programa

direito			
esquerdo			

Pós-programa

direito			
esquerdo			

2.7) Testes especiais

- Teste de apreensão patelar
- Testes de gaveta (ligamentos. cruzados ant. e post.)
- Teste de compressão de Apley (meniscos medial e lateral)
- Teste de elevação da perna reta e Lasègue (n. ciático) D e E
- Teste de estresse em varo e valgo (estendido)
- Teste de Thomas

3. Exames complementares (caso tenha)

3.1) Exame Médico e ECG repouso

3.2) Teste de esforço clínico

3.3) Exame laboratoriais

4. Exame antropométrico

Peso corporal (em kg):

Horário:

Estatura (em cm):

Membro inferior dominante (chuta):

ANEXO 2

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

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

INDIVÍDUO # _____

TÍTULO DO PROJETO: Avaliação de um Protocolo de Alongamento Utilizando Auto - Postura na Amplitude de Movimento, Força Muscular e no Torque Passivo

Departamento de Fisioterapia/UFSCar

Rodovia Washington Luis, Km 235 – Cx. Postal 676

CEP. 13.565-905 / São Carlos-SP / Brasil

Fone: (16) 3351-8345

INVESTIGADORAS ENVOLVIDAS:

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Tania de Fátima Salvini/PPG-Fisio/UFSCar.

Aluna: Lucia Helena Batista/ PPG-Fisio/UFSCar.

Voluntário: _____ data: __/__/__

NÚMERO DE PARTICIPANTES: 34

1. PROPÓSITO:

O propósito deste estudo é avaliar os efeitos de um programa de alongamento dos músculos flexores do joelho (ísquiotibiais) sobre a força muscular flexora e extensora (quadríceps) do joelho, bem como verificar possíveis mudanças nas medidas de tensão passiva e amplitude de movimento de extensão do joelho. Os dados serão coletados por meio de um dinamômetro isocinético.

2. PROCEDIMENTOS:

As avaliações e os testes serão conduzidos no Laboratório de Plasticidade Muscular e no Ambulatório de Fisioterapia, ambos do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da UFSCar.

A primeira parte do estudo será composta de uma avaliação postural onde será verificado, basicamente, se os voluntários apresentam desvios posturais patológicos, doenças cardíacas e o encurtamento muscular dos músculos flexores do joelho de, no mínimo 20°. Este encurtamento será avaliado por meio de dois instrumentos: um goniômetro e um dinamômetro isocinético. Serão avaliados ainda os torques de força extensora e flexora do joelho e torque passivo dos músculos flexores do joelho no dinamômetro isocinético.

A segunda parte será formada pela aplicação do programa de alongamento dos músculos flexores do joelho, que será realizado durante quatro semanas,

duas vezes por semana e consistirá de alongamentos de 60s de duração e 30s de descanso em um total de 7 repetições.

A terceira parte será a reavaliação do encurtamento muscular dos flexores do joelho, torque de força dos músculos flexores e extensores do joelho e do torque passivo dos flexores.

3. RISCOS:

Não existe nenhum risco envolvendo sua participação neste estudo, sob qualquer condição.

4. BENEFÍCIOS:

Sua participação neste estudo é estritamente voluntária. Portanto, os participantes não serão reembolsados ou compensados financeiramente de nenhuma maneira, porém serão incluídos nos agradecimentos, quando da publicação futura desse trabalho. Como benefícios diretos para os voluntários deste estudo, teremos: 1) um aumento da flexibilidade dos músculos flexores do joelho, do trofismo e da força muscular dos músculos flexores e extensores do joelho; 2) e em virtude de sua participação, você, indiretamente, estará ajudando no desenvolvimento da Fisioterapia enquanto ciência. Os resultados dos testes estarão disponíveis para você no final do estudo.

5. ALTERNATIVAS DE PARTICIPAÇÃO:

Não há procedimento alternativo para sua participação que trará a mesma informação ou o mesmo resultado deste estudo.

6. CONFIABILIDADE:

Os resultados desta pesquisa só podem ser publicados para a informação e benefício dos profissionais envolvidos diretamente com a Fisioterapia e Reabilitação, além de outros cientistas, preservando a sua identidade. Seu nome não será publicado ou usado sem o seu consentimento, a não ser se requerido por lei.

7. PARTICIPAÇÃO VOLUNTÁRIA E QUESTIONAMENTOS:

Você ficará ciente de qualquer informação nova ou mudança na natureza deste estudo ou nos procedimentos que devam afetar sua boa vontade para continuar nesta pesquisa. Sua recusa em participar não vai de maneira nenhuma envolver penalidade. Sua participação é estritamente voluntária e você pode retirar-se deste projeto de pesquisa a qualquer hora. Se você tiver qualquer questão agora ou depois, por favor, pergunte-nos.

Vai ser dada a você uma cópia deste formulário. Se em qualquer momento você sentir que houve infração dos seus direitos, você deve contatar com o Comitê de Ética em Pesquisas (CEP) da UFSCar (3351-8110), para respostas sobre qualquer questão da pesquisa e de seus direitos.

8. TRATAMENTO DE EMERGÊNCIA E RESPONSABILIDADE FINANCEIRA:

Se for necessário, os primeiros socorros serão prestados pelos próprios pesquisadores, mas, neste evento é improvável que você precise de um tratamento médico, como resultado de um dano físico surgido durante sua participação neste estudo.

9. CONSENTIMENTO DO INDIVÍDUO:

Eu admito que revisei totalmente e entendi o conteúdo deste formulário de consentimento. Eu estou participando deste estudo de livre e espontânea vontade, não tendo sido forçado ou coagido na minha participação.

Ass. _____ **do**

Sujeito: _____ **data:** __ / __ / __

10. DECLARAÇÃO DO INVESTIGADOR:

Eu certifico que revisei o conteúdo deste formulário com a pessoa que assinou, anteriormente, e que na minha opinião, entendeu a explanação sobre todos os procedimentos desta pesquisa.

Pesquisador: _____ **data:** __ / __ / __

É entendido que este formulário de consentimento não será usado por pessoas que não entendam a língua portuguesa.