

**ANSELMO GREGO NETO**

**EFEITO AGUDO DO ALONGAMENTO ESTÁTICO NO DESEMPENHO  
DE POTÊNCIA DOS MÚSCULOS ISQUIOTIBIAIS**

Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão do curso de Bacharelado em Educação Física, do Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. André Luis Félix Rodacki

**CURITIBA  
2007**

**ANSELMO GREGO NETO**

**EFEITO AGUDO DO ALONGAMENTO ESTÁTICO NO DESEMPENHO DE  
POTÊNCIA DOS ISQUIOTIBIAIS**

Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão do curso de Bacharelado em Educação Física, do Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Gisele dos Santos**  
**Universidade Federal do Paraná**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Doralice Lange S.Rocha**  
**Universidade Federal do Paraná**

---

**Prof. Dr. André Luis Félix Rodacki**  
**Universidade Federal do Paraná**

Curitiba, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2007.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado a força e a coragem necessárias durante estes cinco anos de aprendizado e amadurecimento como acadêmico do curso de Educação Física da Universidade Federal do Paraná.

Agradeço penhoradamente a minha família pelo apoio e a compreensão durante todos estes anos.

Agradeço a todos os professores do Departamento de Educação Física da UFPR, em especial ao Professor André Luis Félix Rodacki pelo exemplo de seriedade como docente e pesquisador e às Professoras Maria Gisele dos Santos e Doralice Lange S. Rocha pelo apoio pessoal inestimável que me deram, sobretudo na fase final da graduação, a vocês meus sinceros e estimados agradecimentos.

Agradeço ao senhor Edson Marinho de Lima, secretário da Coordenação do curso de Educação Física pela boa vontade e por ter sempre se mostrado muito solícito comigo.

## RESUMO

A realização de exercícios de alongamento muscular antes dos treinamentos e de competições está amplamente enraizada na cultura dos profissionais que trabalham com prescrição de exercício. Acredita-se no alongamento como forma de aprimoramento do desempenho físico e prevenção de lesões. No entanto, estudos recentes têm mostrado que o alongamento, sob certas condições, pode *produzir efeitos deletérios na capacidade de geração do torque e potência muscular*. Ainda não se conhece completamente as razões fisiológicas de tal comportamento, há questões em aberto sobre a duração mínima do alongamento capaz de causar tais efeitos. A proposta deste estudo foi investigar as alterações do desempenho isocinético do grupo muscular dos isquiotibiais mediante dois protocolos de alongamento estático com diferentes durações. Foram avaliados 36 adultos jovens do sexo masculino, distribuídos em três grupos: E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> e C. Todos os participantes realizavam um aquecimento sistêmico e depois eram submetidos a avaliações de amplitude de movimento de flexão do quadril (ADM) e isocinética. Aos participantes dos grupos E<sub>1</sub> e E<sub>2</sub> eram aplicados protocolos de alongamento estático de 180 e 360s, respectivamente, e estes eram novamente avaliados em relação à ADM e isocineticamente. Os participantes do grupo C também eram submetidos a uma segunda avaliação, após permanecerem em repouso pelo tempo equivalente à duração média dos protocolos de alongamento dos grupos E<sub>1</sub> e E<sub>2</sub>. As variáveis pesquisadas foram a ADM de flexão do quadril e a potência (P). Em relação ao desempenho dos isquiotibiais, observou-se que a ocorrência de déficits na potência induzidos pelos efeitos agudos do alongamento de ambos os protocolos não se confirmaram.

Palavras-chave: Alongamento estático, Flexibilidade, Força Muscular, Torque.

## ABSTRACT

Stretching exercises are commonly prescribed before training sessions and competitions aiming to improve performance and reduction of injury risk. Recent studies have shown that stretching may cause acute muscular torque and power production deficits. The physiological mechanisms underlying this behavior are not completely known. Moreover, there are open questions regarding the minimal *duration of a stretching protocol able to produce force deficits*. The aim of this work was to investigate the acute effects of static stretching protocols of different durations on the isokinetic hamstrings performance. Thirty six male participants were distributed in three groups: E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> and C. After warming up, the participants went through active range of motion (ADM) and isokinetic evaluations. Participants from groups E<sub>1</sub> and E<sub>2</sub> performed static stretching protocols of 180 and 360 seconds, respectively and then were evaluated again. The participants of the control group (C) went through a second evaluation, as well, after remaining at rest during a period similar to the average duration of stretching protocols. The variables considered were the range of motion of hip flexion and the mean power output. Considering the hamstrings performance, it was not observed the deficits occurrence on the mean power output induced by the short – terms stretching effects of both protocols.

Keywords: Static Stretching, Flexibility, Muscle Strength, Torque.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1 OBJETIVOS.....</b>	<b>11</b>
<b>1.2 HIPÓTESES.....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO 2 - REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 AS PRINCIPAIS TÉCNICAS DE ALONGAMENTO .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 CARACTERÍSTICAS HISTOLÓGICAS E MECÂNICAS DA UNIDADE MÚSCULO - TENDÍNEA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.1 Características Histológicas do Tecido Muscular.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.2 Características Histológicas do Tecido Tendíneo.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.3 Características Mecânicas da Unidade Músculo - Tendínea.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.4 Efeitos do Alongamento no Comportamento Mecânico dos     Tecidos Moles .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3 BASES NEUROFISIOLÓGICAS DO ALONGAMENTO.....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.1 Fuso Muscular .....</b>	<b>25</b>
<b>2.3.2 Órgão Tendinoso de Golgi .....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.3 Alongamento e o Padrão de Ativação dos Mecanorreceptores.....</b>	<b>27</b>
<b>2.4 APLICAÇÃO DOS EXERCÍCIOS DE ALONGAMENTO MUSCULAR PARA DESENVOLVER A FLEXIBILIDADE (FLEXIONAMENTO) E COMO FORMA DE AQUECIMENTO MÚSCULO - ARTICULAR .....</b>	<b>28</b>
<b>2.5 EFEITOS AGUDOS DO ALONGAMENTO SOBRE O DESEMPENHO MUSCULAR .....</b>	<b>31</b>
<b>2.6 ARTROCINEMÁTICA DO JOELHO .....</b>	<b>35</b>
<b>2.6.1 Aspectos Anátomo - Cinesiológicos do Aparelho Flexo - Extensor     de Joelho.....</b>	<b>36</b>
<b>2.7 DINAMOMETRIA ISOCINÉTICA .....</b>	<b>41</b>
<b>2.7.1 Conceito de Isocinetismo.....</b>	<b>41</b>
<b>2.7.2 Torque ou Momento Muscular .....</b>	<b>42</b>
<b>2.7.3 Características do Exercício Isocinético.....</b>	<b>43</b>
<b>2.7.4 Avaliação Isocinética dos Músculos do Joelho .....</b>	<b>44</b>

<b>CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA.....</b>	<b>47</b>
<b>3.1 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO / EXCLUSÃO .....</b>	<b>47</b>
<b>3.2 AMOSTRA .....</b>	<b>47</b>
<b>3.3 INSTRUMENTOS / PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS.....</b>	<b>48</b>
<b>3.3.1 Protocolo de Aquecimento Sistêmico .....</b>	<b>51</b>
<b>3.3.2 Protocolo de Avaliação da Amplitude de Movimento de Flexão         do Quadril .....</b>	<b>52</b>
<b>3.3.3 Protocolo das Avaliações Isocinéticas .....</b>	<b>54</b>
<b>3.3.4 Protocolos de Alongamento.....</b>	<b>57</b>
<b>3.3.5 Variáveis Analisadas.....</b>	<b>59</b>
<b>3.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....</b>	<b>59</b>
<b>CAPÍTULO 4 - RESULTADOS .....</b>	<b>61</b>
<b>4.1 DADOS ANTROPOMÉTRICOS DOS GRUPOS .....</b>	<b>61</b>
<b>4.2 RESULTADOS INTRAGRUPOS .....</b>	<b>62</b>
<b>4.3 RESULTADOS INTERGRUPOS.....</b>	<b>63</b>
<b>CAPÍTULO 5 - DISCUSSÃO.....</b>	<b>65</b>
<b>5.1 DADOS ANTROPOMÉTRICOS.....</b>	<b>65</b>
<b>5.2 DADOS DA ADM E POTÊNCIA .....</b>	<b>65</b>
<b>CAPÍTULO 6 - CONCLUSÃO.....</b>	<b>69</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>71</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO B.....</b>	<b>83</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A prática de exercícios de alongamento muscular constitui um elemento presente em praticamente todas as academias, clubes esportivos, escolas e clínicas de reabilitação a fim de trabalhar no contexto da atividade física e saúde ou mesmo visando o aprimoramento do desempenho físico (DANTAS, 2005). Esta prática também está presente nos protocolos de aquecimento de atletas de alto rendimento realizados antes dos treinamentos e competições (ACHOUR, 2006).

Nessa perspectiva, um aspecto que chama a atenção é a inclusão de rotinas de alongamento antes da realização de testes físicos empregados na mensuração e na avaliação do desempenho muscular tanto por fisioterapeutas quanto por educadores físicos (MAREK *et al.*, 2005).

De acordo com Behm *et al.* (2004), a difusão e aceitação desta prática estão atreladas ao fato de muitos profissionais que atuam no campo do treinamento desportivo e da reabilitação defenderem a inclusão de exercícios de alongamento preparatórios tendo por base o argumento de que a realização de tais exercícios pode otimizar o desempenho muscular ou mesmo minimizar o risco de lesões músculoesqueléticas.

Nesse contexto, a flexibilidade tem sido considerada como um importante aspecto da função humana (DAVIS *et al.*, 2005). Muitas técnicas de aprimoramento da flexibilidade têm sido descritas na literatura. As mais comuns incluem a técnica de alongamento estático, a técnica de alongamento balístico e a técnica de facilitação neuromuscular proprioceptiva (DAVIS *et al.*, 2005).

Entre as diferentes técnicas reportadas na literatura, particularmente a técnica de alongamento estático tem sido considerada bastante eficiente tanto para produzir um aumento agudo na amplitude de movimento articular, quanto para desenvolver a flexibilidade (POWER *et al.*, 2004).

Entretanto, alguns estudos recentes têm apontado que a técnica estática pode também resultar em um déficit agudo da ordem de 5 – 30% na força máxima e na potência de grupos musculares previamente alongados (CORNWELL *et al.*, 2001; BEHM *et al.*, 2004; MAREK *et al.*, 2005). Esses achados têm levado um grande número

de pesquisadores a desencorajarem a prática de exercícios de alongamento antes de atividades que exijam níveis significativos de força e potência musculares (KOKKONEN *et al.*, 1998; NELSON; BANDY, 2004).

Além disso, segundo Marek *et al.* (2005), os déficits agudos na potência muscular induzidos pelo alongamento dentro do contexto da reabilitação musculoesquelética podem comprometer os resultados de uma avaliação de desempenho muscular, os quais podem **influenciar a tomada de decisão** quanto à progressão do atleta no processo de reabilitação ou mesmo retardar o retorno deste à prática esportiva.

Cabe ressaltar, no entanto, que as ressalvas concernentes à prática de exercícios de alongamento antes de atividades de força e potência devem ser encaradas criteriosamente. Grande parte dos estudos que pesquisaram os efeitos agudos do alongamento empregaram em suas metodologias protocolos demasiadamente longos e que, segundo alguns autores, não correspondem efetivamente às rotinas de alongamento realizadas pelos atletas antes dos treinamentos e competições (BRANDENBURG, 2006; ZAKAS *et al.*, 2006).

Marek *et al.* (2005) enfatizam que duas hipóteses primárias têm sido consideradas para explicar o chamado déficit transitório na força induzido pelo alongamento. A primeira delas diz respeito a fatores mecânicos tais como alterações na rigidez da unidade músculo – tendínea, gerando mudanças na relação comprimento – tensão ótima das fibras musculares. A outra hipótese aborda a questão dos fatores neuro-musculares, sobretudo uma possível redução no número de unidades motoras sendo recrutadas durante a execução do movimento após o alongamento.

Outros autores tais como Nelson e Bandy (2004) sugerem que tais efeitos particularmente referentes à técnica de alongamento estático em relação ao pico de torque (PT) isocinético<sup>1</sup> sejam dependentes da velocidade. Segundo tais autores, os efeitos da aplicação da técnica de alongamento seriam mais evidentes quando avaliados isocineticamente<sup>2</sup> em baixas velocidades de deslocamento angular (60 e

---

<sup>1</sup> Pico de Torque (PT) isocinético refere-se ao ponto de maior valor registrado na curva de torque gerada pelo avaliado durante a avaliação pelo método da dinamometria isocinética (DVIR, 2002).

<sup>2</sup> O termo “isocineticamente” aqui empregado faz referência ao método de avaliação do desempenho muscular conhecido como “dinamometria isocinética”, que apresenta como principal característica viabilizar a execução do

$90^\circ \cdot s^{-1}$ ) e praticamente imperceptíveis em velocidades mais elevadas ( $150$ ,  $210$  e  $270^\circ \cdot s^{-1}$ ) em relação ao grupo muscular extensor de joelho.

No entanto, Marek *et al.* (2005) refutam tais afirmações na medida em que em seu estudo foram encontrados déficits gerados no PT pós – alongamento tanto em velocidades mais baixas ( $60 \cdot s^{-1}$ ) quanto em velocidades mais altas de deslocamento angular ( $300^\circ \cdot s^{-1}$ ) também referentes aos músculos extensores do joelho.

Uma outra corrente de autores defende que, além da velocidade do teste isocinético, outro parâmetro relevante é o volume dos exercícios de alongamento (KOKKONEN *et al.*, 1998; FOWLES *et al.*, 2000; POWER *et al.*, 2004; MAREK *et al.*, 2005). Este volume depende do tempo de permanência total do sujeito na postura de alongamento e, segundo estes autores, vai determinar a magnitude do déficit no PT isocinético (KOKKONEN *et al.*, 1998; FOWLES *et al.*, 2000; POWER *et al.*, 2004; MAREK *et al.*, 2005; ZAKAS *et al.*, 2006).

A respeito da influência que os diferentes volumes de alongamento apresentam em relação à magnitude dos déficits na força e na potência, no estudo de Zakas *et al.* (2006) foram avaliados protocolos com uma repetição com duração de 30 segundos (volume de 30 segundos), dez repetições com duração de 30 segundos cada (volume de 300 segundos) e com dezesseis repetições de 30 segundos cada uma (volume de 480 segundos). Os resultados reportam que não houve diferenças significativas em todas as velocidades angulares pesquisadas nos sujeitos que realizaram o primeiro protocolo (30 segundos), porém decréscimos significativos foram detectados em relação ao pico de torque (PT) nos sujeitos que realizaram o segundo (300 segundos) e o terceiro (480 segundos) protocolos em todas as velocidades angulares.

Nesta mesma perspectiva, no estudo de Marek *et al.* (2005), após a aplicação dos protocolos de alongamento com durações totais de  $16,9 \pm 2,3$  minutos, os resultados reportados indicam que tanto a técnica de alongamento estático quanto a FNP ocasionaram uma queda significativa no pico de torque, na potência e também na amplitude dos sinais eletromiográficos registrados na comparação pré e pós –

---

movimento a uma velocidade de deslocamento angular fixa e pré-determinada pelo avaliador durante a maior parte da amplitude de movimento avaliada (DVIR, 2002).

alongamento do grupo avaliado. Tanto em baixa ( $60^{\circ}\text{s}^{-1}$ ), quanto em alta velocidade de deslocamento angular ( $300^{\circ}\text{s}^{-1}$ ).

Além das respostas biomecânicas e fisiológicas agudas dos grupos musculares alongados em relação ao seu próprio desempenho de força, outro aspecto relevante diz respeito à influência desse alongamento no grupo antagonista (não alongado). Isso porque desequilíbrios musculares na relação agonista – antagonista configuram um fator que pode aumentar a predisposição da unidade músculo – tendínea à ocorrência de lesão na medida em que a disparidade entre um grupo agonista muito mais forte que o seu antagonista impõe à estes últimos grande propensão à lesão principalmente durante a fase de desaceleração articular excêntrica constantemente requisitada nos desportos (PETERSON; RENSTRÖN, 1995). A maior parte dos estudos tomados como referência em relação aos efeitos agudos do alongamento muscular e outras variáveis de desempenho quaisquer que fossem, estudaram tais efeitos em grupos musculares efetivamente alongados, mas não esboçaram preocupação em avaliar a repercussão dos protocolos de alongamento empregados nos músculos antagonistas aos alongados.

Partindo dessa premissa, torna-se pertinente aprofundar a discussão sobre os efeitos agudos do alongamento no desempenho de força tanto do grupo muscular ao qual a técnica é diretamente aplicada, quanto de seu antagonista.

## 1.1 Objetivos

O objetivo geral deste estudo é analisar o efeito agudo do alongamento estático no desempenho isocinético de potência dos músculos isquiotibiais de joelho. Os objetivos específicos são:

- a) comparar os efeitos agudos de 2 protocolos de alongamento estático com volumes de 180 e 360 segundos;
- b) mensurar a amplitude de movimento de flexão de quadril antes e após a aplicação dos protocolos de alongamento;
- c) mensurar a variável isocinética potência antes e após a aplicação dos protocolos de alongamento.

## 1.2 Hipóteses

H<sub>1</sub>: Após a realização dos exercícios de alongamento ocorre um aumento na amplitude de movimento articular de flexão do quadril dos sujeitos de ambos os protocolos em relação ao grupo controle.

H<sub>2</sub>: O aumento na amplitude de movimento de flexão do quadril é maior nos sujeitos que realizam o protocolo de 360 segundos em comparação com os sujeitos do protocolo de 180 segundos.

H<sub>3</sub>: Não ocorre alteração significativa na amplitude de movimento de flexão do quadril do grupo controle entre as duas avaliações de flexibilidade.

H<sub>4</sub>: Após a realização dos exercícios de alongamento ambos os protocolos provocam déficits na potência isocinética dos músculos isquiotibiais.

H<sub>5</sub>: Os déficits na potência pós – alongamento são mais acentuados para os sujeitos do protocolo de 360 segundos em comparação com os sujeitos do protocolo de 180 segundos para os músculos isquiotibiais.

H<sub>6</sub>: Não ocorre alteração significativa na potência isocinética do grupo controle em relação aos músculos isquiotibiais entre as duas avaliações isocinéticas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Quando se trata a respeito do processo de aquecimento ou preparo músculo – aarticular, há que se considerar a sua importante função como mediador das inúmeras adaptações agudas às quais o sistema musculoesquelético terá de responder em um curto espaço de tempo frente à sobrecarga que lhe será imposta (ZAKAS *et al.*, 2005).

O propósito primordial do trabalho de aquecimento é promover um aumento da temperatura central do corpo que, segundo Enoka (1999) melhoraria o desempenho biomecânico do sistema motor.

Nesse contexto, além dos exercícios aeróbicos a inclusão de exercícios de alongamento durante o trabalho de aquecimento tornou-se prática corrente por parte de muitos atletas e praticantes de atividades físicas (KOKKONEN *et al.* 1998; MAREK *et al.*, 2005).

No entanto, a indistinção entre os diferentes objetivos na aplicação dos exercícios de alongamento configura uma questão que merece especial atenção, sobretudo pelo fato de poder ocasionar efeitos indesejáveis em relação ao desempenho otimizado de atletas de alto rendimento (CROSS *et al.*, 1999).

Além destes aspectos, esta revisão apresenta uma breve descrição das principais técnicas de alongamento existentes, bem como as respostas viscoelásticas e plásticas da unidade músculo – tendínea frente ao estímulo gerado pelo alongamento por serem fundamentais para que se compreenda os mecanismos biomecânicos e fisiológicos responsáveis pela alteração no desempenho de potência pós – alongamento descritos por alguns autores tais como Cornwell *et al.* (2001), Marek *et al.* (2005) e Zakas *et al.* (2006).

Outro viés abordado nesta seção é o emprego da dinamometria isocinética como importante instrumento tecnológico de avaliação precisa da função muscular (DVIR, 2002), além de algumas particularidades do dinamômetro e dos exercícios isocinéticos, tendo em vista que este instrumento foi empregado nas mensurações do desempenho muscular no presente trabalho.

## 2.1 As Principais Técnicas de Alongamento

O objetivo de qualquer programa de flexibilidade deve ser melhorar a amplitude de movimento (ADM) em uma determinada articulação, por meio da alteração da extensibilidade das unidades músculo-tendíneas que produzem movimento nesta articulação (DANTAS, 2005).

Nesse sentido, as técnicas de alongamento para melhorar a flexibilidade evoluíram com os anos. A técnica mais antiga é a denominada alongamento ou movimento balístico que utiliza movimentos rápidos que impõem uma mudança no comprimento dos músculos ou do tecido conjuntivo que estão sendo alongados (PRENTICE; VOIGHT, 2003).

A técnica balística pode ser encarada como um exercício composto por duas fases. A primeira delas constitui um movimento de força contínua em que é realizado um movimento acelerado pela contração concêntrica dos músculos agonistas com os antagonistas relaxados (ACHOUR, 2006). A segunda fase constitui-se em um movimento em inércia, sem contração muscular, ocorrendo uma desaceleração nas amplitudes finais do movimento (ACHOUR, 2006).

Outra técnica muito empregada nos programas de desenvolvimento da flexibilidade é a facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP). Todos os procedimentos relativos à técnica de FNP envolvem algum padrão de contração e relaxamento alternados dos músculos agonistas e antagonistas com a finalidade de estimular os órgãos tendíneos de Golgi (OTG)<sup>3</sup> (HALL, 2005).

A técnica de FNP pode induzir a um aumento significativo na ADM articular em uma única sessão de alongamento. Entretanto apresenta como desvantagem a necessidade da participação de um professor de educação física ou de um fisioterapeuta junto ao sujeito que está realizando o exercício (DAVIS *et al.*, 2005).

Finalmente, a técnica de alongamento muscular estático, pesquisada no presente trabalho, consiste basicamente na execução de um movimento lento até que a posição articular desejada seja alcançada devendo ser mantida estaticamente por um determinado tempo (DANTAS, 2005). As recomendações quanto ao tempo ideal

---

<sup>3</sup>OTG refere-se ao receptor sensorial localizado na junção músculo – tendínea que responde à tensão gerada durante o alongamento e a contração muscular, responsável pelo chamado reflexo de estiramento inverso (HAMIL; KNUTZEN, 1999).

para a manutenção do sujeito nas posturas de alongamento estático configuram um ponto de divergência e discordância bastante evidente na literatura, entretanto existe uma tendência de muitos autores adotarem os parâmetros e diretrizes estabelecidos pelo Colégio Americano de Medicina Esportiva (ACSM) que sugere que o exercício de alongamento estático deva ter uma duração mínima de 10 – 30 segundos e devam ser realizadas de 3 a 4 repetições por sessão (ACSM, 2003).

Nesse contexto, algumas das características benéficas da técnica de alongamento estático incluem a menor possibilidade do sujeito ultrapassar a ADM articular fisiológica durante a execução da técnica, a menor demanda energética requerida em comparação com as técnicas dinâmicas além da menor possibilidade do sujeito apresentar dor muscular pós – alongamento (ACSM, 2003).

## **2.2 Características Histológicas e Mecânicas da Unidade Músculo – Tendínea**

Nesta seção são apresentados aspectos referentes às características histológicas e mecânicas pertinentes à unidade músculo – tendínea, entretanto o tecido muscular e o tendíneo são descritos individualmente para melhor compreensão.

### **2.2.1 Características Histológicas do Tecido Muscular**

Do ponto de vista histológico, três camadas de tecido conjuntivo recobrem as fibras musculares (WILMORE; COSTILL, 2001). Dessas camadas a mais profunda corresponde ao endomísio que envolve e separa uma fibra muscular da outra. No entanto, além do endomísio, uma outra camada de tecido conjuntivo conhecida por perimísio circunda um feixe de até 150 fibras musculares conhecido como fascículo muscular (McARDLE *et al.*, 2003).

A mais superficial das camadas de tecido conjuntivo que revestem o músculo corresponde a uma fásia de tecido fibroso que circunda o músculo como um todo, sendo denominada de epimísio (McARDLE *et al.*, 2003).

Os níveis histológicos de organização muscular estão ilustrados esquematicamente na figura 1.

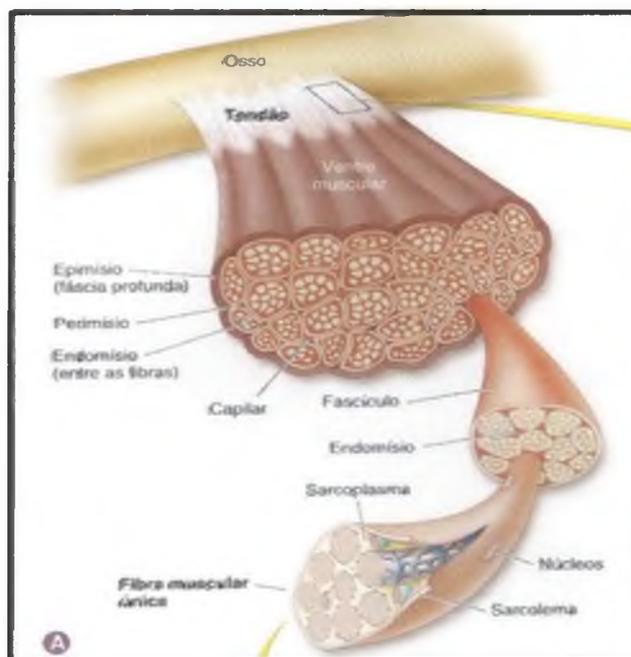


Figura 1 – Esquema ilustrativo da organização microscópica do músculo esquelético, mostrando o arranjo de seus invólucros de tecido conjuntivo (McARDLE *et al.*, 2003).

Uma das unidades funcionais mais básicas do músculo – esquelético corresponde às miofibrilas (GUYTON; HALL, 2002). Cada uma das miofibrilas é constituída por sarcomêros que proporcionam ao músculo a capacidade de relaxar e contrair-se pela interação entre as proteínas de actina e miosina (WATKINS, 1999), conforme ilustrado na figura 2.

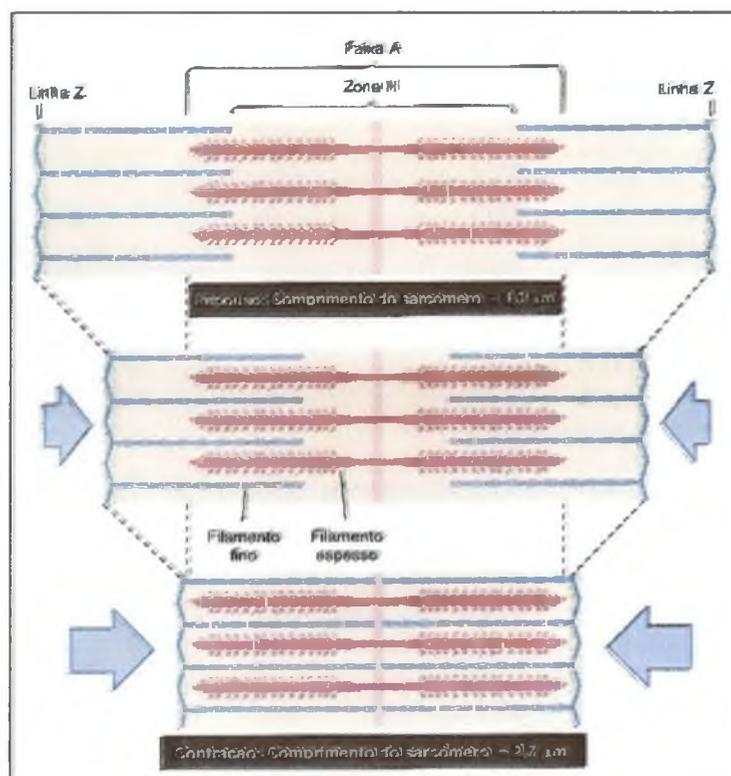


Figura 2 – Arranjo estrutural dos filamentos de actina (finos) e miosina (grossos) com o sarcomêro em estado de repouso e durante o encurtamento correspondente à contração muscular (McARDLE *et al.*, 2003).

### 2.2.2 Características Histológicas do Tecido Tendíneo

Funcionalmente o tendão conecta o músculo ao osso. Do ponto de vista histológico os tendões são caracterizados como tecidos conectivos densos que contêm colágeno, elastina, proteoglicanas e água (ALTER, 1999).

O colágeno tendíneo constitui aproximadamente 90% da proteína total do tendão (PETERSON; RENSTRÖN, 1995). O tendão é composto principalmente de colágeno tipo I (TAYLOR, 1990). Embora o tendão tenha pouca elastina, aproximadamente 2%, o tecido elástico do tendão tem a função de conservar energia para manter o tônus durante o relaxamento (TAYLOR, 1990).

Ainda sobre as características histológicas do tendão, um outro aspecto importante diz respeito à disposição de suas fibras colágenas que se desenvolvem

em paralelo umas às outras e são muito resistentes à tensão (HALAR; BELL, 2002), conforme ilustrado na figura 3.

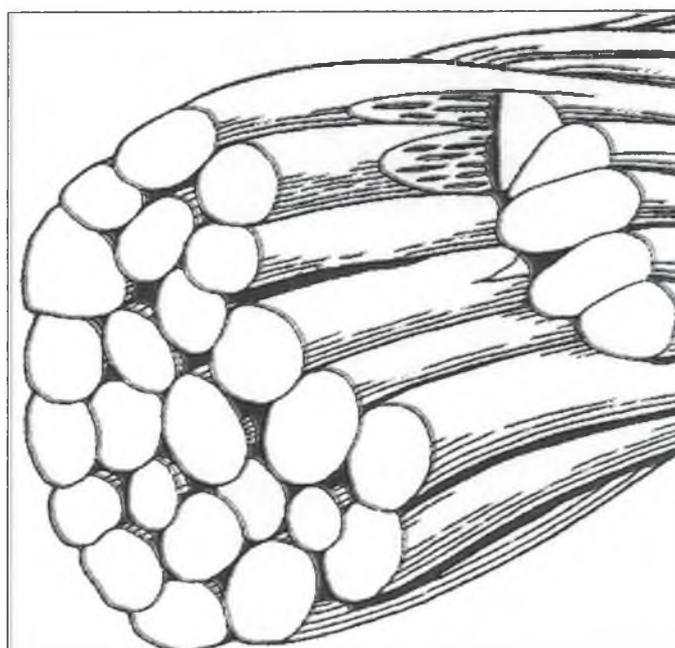


Figura 3 – Representação esquemática da disposição em paralelo das fibras colágenas do tendão (ACHOUR, 2006).

Para Gross (2000) os tendões são capazes de suportar pelo menos duas vezes a força máxima que os músculos podem exercer sobre eles.

Na junção musculotendínea a tensão gerada pela fibra muscular é transmitida da proteína intracelular para a proteína do tecido conectivo extracelular (colágeno) do tendão (JÓZSA; KANNUS, 2001).

Os exercícios de alongamento são bastante importantes para manter a integridade e a capacidade dos tendões (ACHOUR, 2006). Em estudo conduzido por Thein (1999) observou-se que quanto maior a área de secção transversal do tecido tendíneo, maior deve ser a tensão de alongamento antes do tendão atingir seus componentes plásticos. E, de acordo com Peterson e Renström (1995), com uma tensão de alongamento entre 4 e 8% da tensão máxima suportada pelo tendão antes de seu rompimento total, algumas fibras tendíneas já começam a se romper e

vão ficando progressivamente mais fracas, podendo comprometer o mecanismo de transferência de força para a alavanca mecânica.

### 2.2.3 Características Mecânicas da Unidade Músculo – Tendínea

Para compreender as características mecânicas do tecido muscular é fundamental compreender a relação entre três componentes: o componente contrátil (CC), o componente elástico em paralelo (CEP) e o componente elástico em série (CES), (HERZOG, 2005).

O CC é o responsável pela chamada força de contração exercida pelas proteínas actina e miosina em cada sarcomêro. Em relação à resposta do sarcomêro ao estímulo provocado pelo exercício de alongamento Herzog (2005) reitera que a sobreposição das faixas A (compreendidas entre duas linhas Z) e das faixas I não se altera muito. Entretanto, os miofilamentos de actina são afastados da faixa A e as faixas H tornam-se mais longas, assumindo uma extensão igual ao aumento do comprimento das faixas I. A microestrutura do sarcomêro está ilustrada na figura 4.

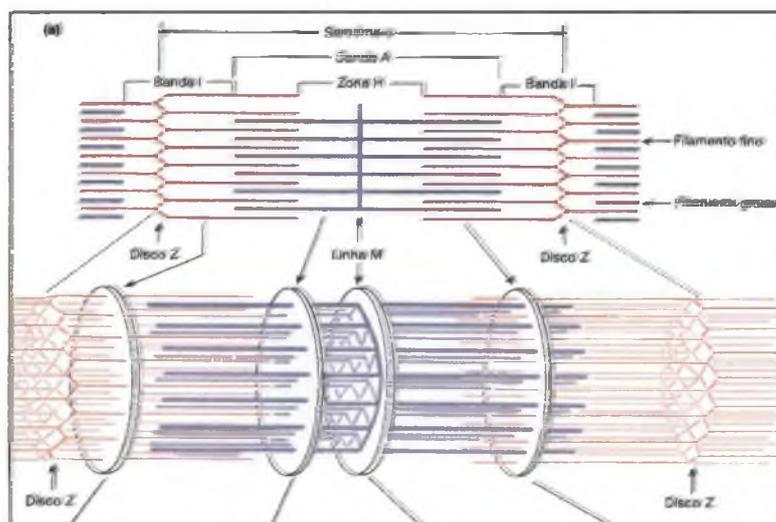


Figura 4 – Organização bidimensional e tridimensional do sarcomêro evidenciando suas microestruturas (SILVERTHORN, 2003).

Um aspecto relevante na compreensão do funcionamento do sarcomêro está atrelado à relação comprimento – tensão que influencia diretamente na capacidade muscular de geração de força (HALL, 2005).

Ocorre que no sarcomêro muito curto, o potencial máximo de geração de força fica comprometido em razão da sobreposição dos filamentos de actina e miosina. Ao passo que no sarcomêro muito longo, o potencial máximo de força também é reduzido, pois a actina no estado ativo fica além do alcance da ponte-cruzada (HAMIL; KNUTZEN, 1999).

Em relação ao componente elástico em paralelo (CEP), atribui-se a ele a responsabilidade pela tensão presente no músculo em repouso. O CEP é constituído pelo endomísio, epimísio e perimísio (JÓZSA; KANNUS, 2001). Desses componentes Enoka (1999) reitera ser o perimísio o principal componente elástico estando posicionado em paralelo com os componentes contráteis, conforme ilustrado na figura 5.

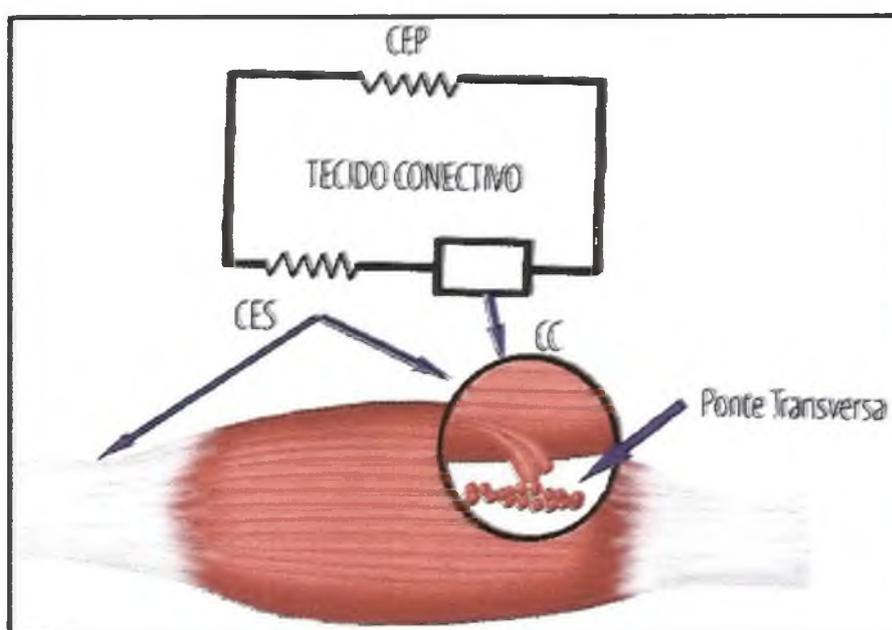


Figura 5 – Componentes contráteis ativos (CC), componentes elásticos em série (CES) e em paralelo (CEP), Achour (2006).

Hamil e Knutzen (1999) salientam que o CEP tem um papel importante quando o músculo é alongado passivamente pelo fato de oferecer resistência viscoelástica ao trabalho de alongamento prevenindo possíveis lesões ocasionadas pelo hiper – alongamento.

Os componentes elásticos em série (CES) estão localizados majoritariamente nos tendões, também ilustrados na figura 5.

Tanto o CEP quanto o CES oferecem uma tensão resistiva quando alongados e armazenam energia elástica para contribuir com o movimento articular subsequente ao alongamento (HERZOG, 2005).

Segundo Hall (2000) quando o músculo é alongado o componente elástico em série absorve mais energia que o componente elástico em paralelo.

#### **2.2.4 Efeitos do Alongamento no Comportamento dos Tecidos Moles**

Tanto os tecidos contráteis (músculos) como os não contráteis ou conectivos (fáscias, tendões e ligamentos) apresentam propriedades elásticas e plásticas (WATKINS, 1999). Por propriedades elásticas pode-se entender a capacidade dos tecidos de retornar ao seu comprimento original de repouso cessado o estímulo do alongamento (HAMIL; KNUTZEN, 1999). Por propriedades plásticas pode-se entender a capacidade dos tecidos de se deformarem permanentemente não retornando ao seu estado ou comprimento original (HAMIL; KNUTZEN, 1999).

Se o objetivo do exercício de alongamento é ocasionar uma deformação de ordem plástica no tecido muscular (efeito crônico) a tensão ou estímulo aplicado deve superar o limite elástico da unidade músculo - tendínea (ALTER, 1999).

Durante a execução do alongamento, os fluidos compostos de glicosaminoglicanas e proteoglicanas (que constituem a chamada substância fundamental das fáscias e dos tendões) saem lentamente da matriz destes tecidos e, durante a recuperação (fase de relaxamento) há uma lenta absorção destes fluidos pelos tecidos tanto das fáscias quanto dos tendões (LAUR *et al.*, 2003).

Segundo Reid (1992), a substância fundamental circunda as células de colágeno e as fibras das fáscias e dos tendões. Por sua vez as proteoglicanas e as glicosaminoglicanas provêm espaço e lubrificação entre as fibras de colágeno, de forma a reduzir o atrito entre as moléculas de colágeno.

A presença das glicosaminoglicanas permite que o feixe de colágeno mova-se e alinhe-se durante a tensão muscular (DONATELLI, 1994). Desta forma, a recuperação imperfeita do tecido muscular deve-se à presença do fluido viscoso no

espaço anatômico do colágeno, permitindo que ocorra uma deformação plástica do músculo.

O trabalho de alongamento com objetivo de provocar deformações plásticas separa as ligações intermoleculares das fibras colágenas dos tecidos conectivos. Entretanto para alcançar este tipo de deformação é imprescindível aumentar o tempo de permanência na postura de alongamento (WATKINS, 1999).

Nesse sentido, autores como Taylor (1990) e Proske (1993) reiteram que a relativa proporção entre elasticidade e plasticidade é determinada pela magnitude e pela duração da tensão a que a unidade músculo – tendínea é submetida durante o exercício de alongamento.

Em outras palavras, a natureza das respostas da unidade músculo-tendínea frente ao estímulo causado pelo alongamento será elástica ou plástica em função diretamente da amplitude de movimento final atingida pelo exercício, do tempo de manutenção do estímulo (TAYLOR, 1990; PROSKE, 1993), que talvez seja o aspecto mais controverso na literatura sobre flexibilidade também abordado nesta revisão.

Nesse sentido, para que ocorra um aumento efetivo da flexibilidade é necessário que ocorra uma deformação plástica do colágeno músculo – tendíneo, deixando espaços nos tecidos, seguindo-se inflamação, reparo e modelagem por meio dos fibroblastos (THRELKELD, 1992). Para que tais deformações permanentes ocorram é imperativo que ocorra um rompimento das ligações intermoleculares e intramoleculares no colágeno (REID, 1992), conforme ilustrado pela figura 6.

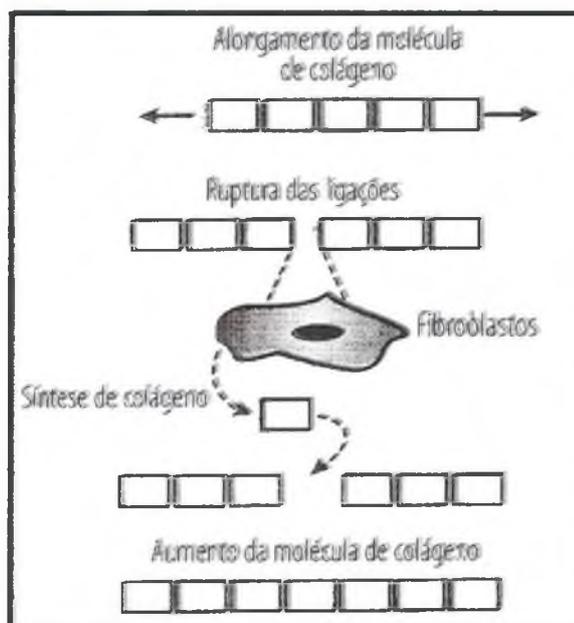


Figura 6 – Esquema ilustrativo do aumento da molécula de colágeno muscular em decorrência do estímulo do alongamento (ACHOUR, 2006).

### 2.3 Bases Neurofisiológicas do Alongamento

De acordo com Prentice e Voight (2003), todas as técnicas de alongamento baseiam-se em um fenômeno neurofisiológico que envolve o chamado reflexo miotático.

Simplificadamente pode-se entender por reflexo miotático a ativação monossináptica dos receptores sensoriais presentes nos músculos em resposta ao estímulo do alongamento (EKMAN, 2000).

Esta ativação desencadeia a transmissão neural através de uma única sinapse conduzida pelos nervos aferentes até a medula espinhal e o *feedback* deste estímulo mecânico conduzido via nervos eferentes que trazem de volta um sinal excitatório da medula espinhal para o músculo tendo como resultado elaboração de tensão muscular (WILMORE; COSTILL, 2001), conforme demonstrado na figura 7.

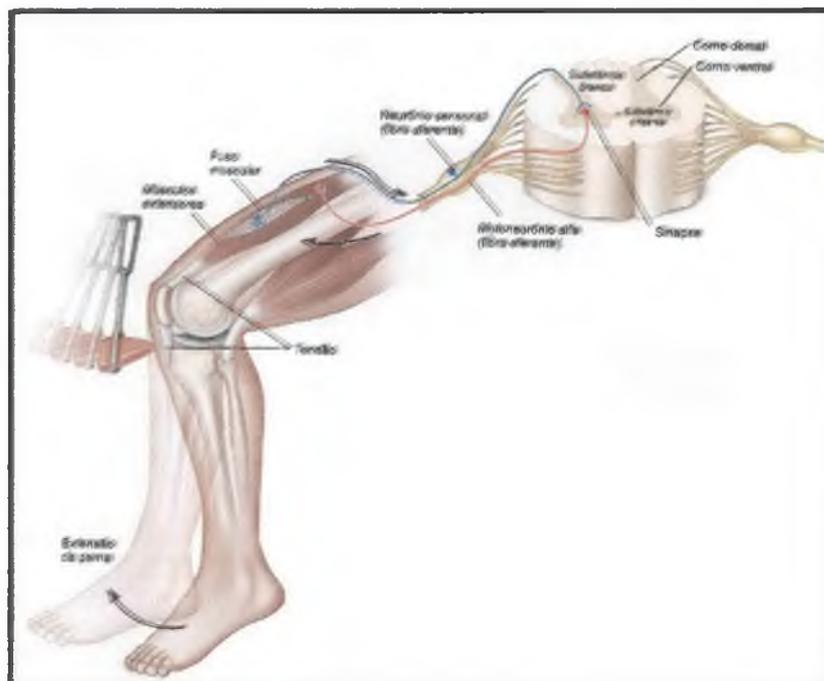


Figura 7 - Esquema representativo do reflexo miotático ou de estiramento desencadeado pela percussão do tendão patelar (WILMORE; COSTILL, 2001).

Todos os músculos do corpo contêm mecanorreceptores ou receptores sensoriais de movimento que, quando estimulados, informam ao sistema nervoso central (SNC) principalmente sobre o nível de tensão e comprimento muscular (HALL, 2005).

Segundo Ekman (2000) dois desses mecanorreceptores são importantes no reflexo miotático: o fuso muscular e o órgão tendinoso de golgi (OTG).

Devido à sua relevância na compreensão das respostas proprioceptivas<sup>4</sup> do músculo e do tendão quando estimulados pelos exercícios de alongamento, o fuso e o OTG são descritos mais pormenorizadamente a seguir.

<sup>4</sup> Propriocepção corresponde à aferência neural cumulativa para o SNC oriunda dos mecanorreceptores presentes nos músculos, tendões, cápsulas articulares, ligamentos e na pele. Responsável pela consciência estática e cinestésica da posição articular, além da resposta reflexa necessária para a adequada regulação do tônus muscular (PRENTICE; VOIGHT, 2003).

### 2.3.1 Fuso Muscular

De acordo com Silverthorn (2003) os fusos musculares atuam como receptores de alongamento, enviando informações sobre o comprimento do músculo para o SNC.

Para Wilmore e Costill (2001) cada fuso muscular é formado por cerca de 4 a 20 pequenas fibras musculares especializadas, denominadas de fibras intrafusais (dentro do fuso) que se apresentam envoltas em uma bainha de tecido conjuntivo. Por sua vez, as fibras intrafusais são controladas por motoneurônios especializados, denominados motoneurônios gama e as fibras extrafusais (as fibras regulares do músculo fora do fuso) são inervadas por motoneurônios alfa.

Do ponto de vista funcional existem dois tipos de fusos musculares: os primários e os secundários (DANTAS, 2005). Os fusos primários, segundo o autor, respondem tanto ao grau de alongamento muscular (a amplitude de movimento articular atingida) quanto ao ritmo desse alongamento (a velocidade com que o exercício é realizado), ou seja, os fusos primários são responsivos à fase dinâmica do alongamento. Já os fusos secundários respondem somente ao grau de alongamento, a chamada resposta estática (DANTAS, 2005).

A principal função dos fusos musculares é, portanto informar ao sistema nervoso o comprimento do músculo bem como a velocidade de variação no seu comprimento (GUYTON; HALL, 2002).

O sistema de inervação alfa – gama do fuso neuromuscular encontra-se ilustrado na figura 8.

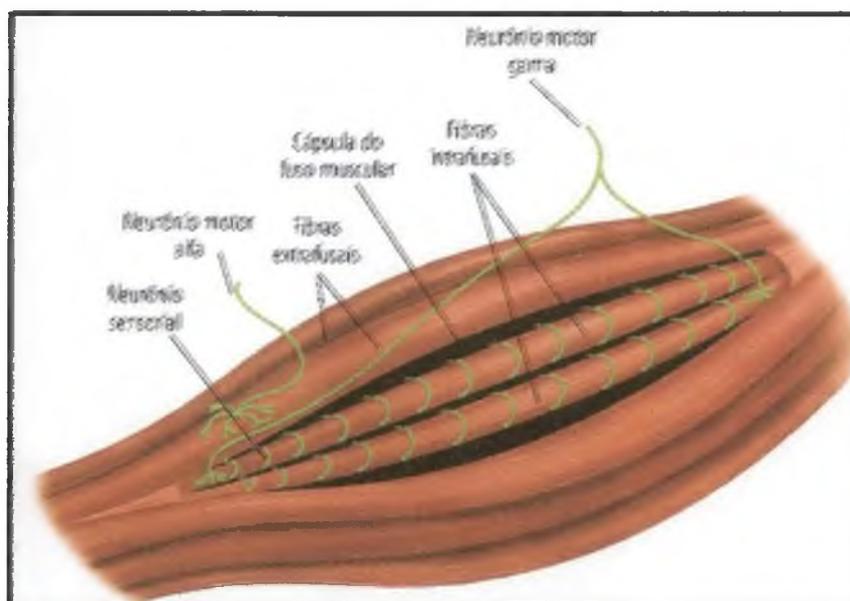


Figura 8 – Desenho ilustrativo do sistema de inervação das fibras intra e extrafusais (WILMORE; COSTILL, 2001).

### 2.3.2 Órgão Tendinoso de Golgi (OTG)

Os órgãos tendinosos de golgi são receptores localizados na junção em que o músculo “mescla-se” com o tendão, ou seja, na junção mio – tendinosa (HALL, 2005). E, portanto estes receptores são estimulados pelo nível de tensão existente na unidade musculotendinosa ou pela velocidade de variação desta tensão (GUYTON; HALL, 2002).

A principal função dos OTG's é portanto a de inibir os músculos agonistas (que se contraem durante o movimento) e estimular os antagonistas, desempenhando um papel protetor em relação à possibilidade de lesão quando existe sobrecarga potencialmente lesiva nos músculos agonistas mediante o relaxamento reflexo destes (WILMORE; COSTILL, 2001).

As vias neurais que interligam o OTG à medula espinhal estão esquematicamente representadas na figura 9.

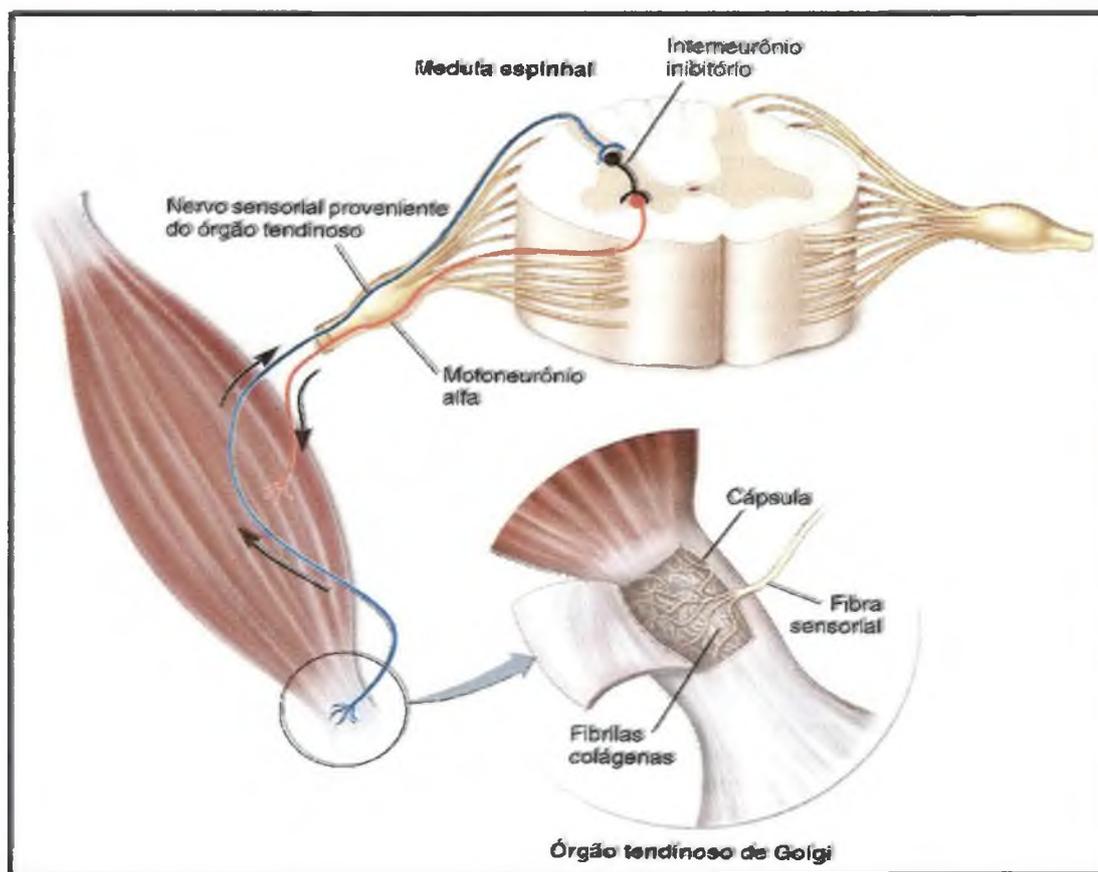


Figura 9 – Desenho ilustrativo do órgão tendinoso de golgi e da sua inervação (McARDLE *et al.*, 2003).

### 2.3.3 Alongamento e o Padrão de Ativação dos Mecanorreceptores

Prentice e Voight (2003) reiteram que quando um músculo é alongado o neurônio sensorial aferente primário (motoneurônio gama) que inerva as fibras intrafusais do fuso neuromuscular inicia o reflexo de estiramento (reflexo miotático) transmitindo informações para a medula espinhal de modo a informar ao SNC sobre o comprimento do músculo.

Já na medula espinhal o estímulo trazido pelos motoneurônios gama são transmitidos por meio de sinapse ao motoneurônio alfa desencadeando a contração muscular reflexa, de forma a proporcionar resistência ao alongamento realizado (EKMAN, 2000).

Segundo Enoka (1999) esta resposta é proporcional à velocidade com que o alongamento é realizado, de modo que, quanto mais rápido for o alongamento mais o músculo irá se contrair reflexamente para resistir a ele.

Com a manutenção da postura de alongamento os motoneurônios gama reduzem seus disparos à medula espinhal para um nível mais baixo, de maneira a reduzir a resistência do músculo ao estímulo provocado pelo alongamento (ACHOUR, 2006).

Por essa razão muitos autores descrevem que a técnica de alongamento estático, na qual o sujeito deve mover o membro que está sendo alongado lentamente até atingir a posição articular desejada e mantê-la por no mínimo 30 segundos (PRENTICE; VOIGHT, 2003), reduziria a intensidade dos estímulos emitidos pelos motoneurônios gama primários reduzindo o nível de interferência destes em relação ao trabalho de alongamento (POWER *et al.*, 2004; NELSON *et al.*, 2004; DAVIS *et al.*, 2005).

Já o órgão tendinoso de golgi (OTG) é mais responsivo em relação aos exercícios de alongamento ativo, como na técnica de alongamento balístico. Se o alongamento for realizado em posições articulares extremas o OTG responde ao reflexo de estiramento com o chamado reflexo de estiramento inverso, promovendo o relaxamento do músculo que está sendo alongado ou do músculo que está se contraindo para produzir o alongamento (WILMORE; COSTILL, 2001).

#### **2.4 Aplicação dos Exercícios de Alongamento Muscular para desenvolver a Flexibilidade (Flexionamento) e como forma de Aquecimento Músculo – Articular**

É de fundamental importância que se estabeleça uma diferenciação funcional entre flexibilidade e alongamento muscular. A flexibilidade pode ser entendida como o resultado da interatividade de vários fatores (POWER *et al.*, 2004). Entre eles a capacidade extensível do tecido muscular e dos tendões, dadas suas propriedades histológicas e mecânicas, conferindo às articulações uma determinada amplitude de movimento para a execução eficiente de determinadas funções (ACSM, 2003).

Uma outra definição mais funcional do conceito de flexibilidade reporta que esta seria a habilidade de mover o corpo e suas partes dentro dos seus limites máximos sem causar danos às articulações e aos músculos envolvidos (MARINS; GIANNICHI, 1998).

A flexibilidade deve ser compreendida como um dos componentes da aptidão física, tanto quanto a força, a capacidade aeróbia e anaeróbia (ACSM, 2003).

Já o alongamento muscular é o meio pelo qual torna-se possível, mediante um rearranjo na disposição dos miofilamentos, aumentar o comprimento muscular e conseqüentemente possibilitar uma amplitude de movimento articular maior. (ACHOUR, 2006).

Em relação às possibilidades de aplicação dos exercícios de alongamento freqüentemente não é feita uma distinção clara entre os exercícios de aquecimento e os elaborados para aumentar a flexibilidade (ENOKA, 1999). Nesse sentido vale ressaltar que uma das funções dos exercícios de aquecimento é reduzir a rigidez muscular associada à tixotropia<sup>5</sup>, não tendo como objetivo aumentar cronicamente a amplitude de movimento ou a flexibilidade em uma articulação (NELSON; BANDY, 2004).

Basicamente as diferenças entre a aplicação dos exercícios de alongamento visando o aquecimento dos realizados com o objetivo de promover aumento da amplitude de movimento articular, relacionam-se ao tempo de permanência do sujeito na postura de alongamento, ao número de repetições do exercício e também à amplitude de movimento trabalhada durante a execução do exercício (DANTAS, 2005).

Segundo Alter (1999) um programa de treinamento objetivando o aprimoramento da flexibilidade é constituído por exercícios planejados, deliberados e regulares que podem aumentar a amplitude de movimento de uma articulação ou um conjunto de articulações durante um período de tempo.

Para tanto, é imprescindível que algumas variáveis concernentes à estruturação de um programa de desenvolvimento da flexibilidade sejam delineadas

---

<sup>5</sup> Tixotropia refere-se à propriedade de viscosidade presente na matriz extracelular dos tendões e ligamentos em decorrência do gel formado pela ligação entre as moléculas de água e as de proteoglicanas (ENOKA, 1999). A propriedade tixotrópica dos tendões e ligamentos está diretamente ligada ao nível de resistência que estes tecidos oferecem ao alongamento, quanto maior a viscosidade maior a resistência e vice-versa (SPERNOGA *et al.*, 2001).

de acordo com o objetivo do praticante. Tais variáveis são: o tipo de técnica empregada, a frequência das sessões, o tempo de duração do exercício e também o número das repetições (ZULUAGA, 2000).

Segundo Achour (2006), o número de séries e de repetições dos exercícios de alongamento pode ser importante para definir o quanto o efeito agudo da flexibilidade se desenvolve e se mantém.

Estudo conduzido por Zakas (2005) salienta que muitos autores têm se dedicado a pesquisar a relevância do tempo total de duração da manutenção das posturas de alongamento sem, no entanto, estabelecer claramente qual a duração adequada de cada repetição nem tão pouco o número de repetições necessárias para atingir estes benefícios.

Taylor (1990) reporta que os máximos benefícios na flexibilidade ocorrem quando cada grupo muscular é alongado quatro vezes subseqüentemente, e que repetições adicionais em uma única sessão não resultam em aumentos significativos no comprimento muscular.

Neste sentido, Zakas (2005) preocupou-se em analisar os possíveis efeitos na duração de cada repetição em diferentes protocolos de alongamento empregando a técnica estática, porém com o mesmo tempo total de aplicação do protocolo em adolescentes jogadores de futebol. Em seu estudo foram avaliados quinze sujeitos do sexo masculino que realizaram três diferentes protocolos de alongamento estático para a extremidade inferior todos com uma duração total de 30 segundos em uma única sessão.

O primeiro protocolo foi realizado com uma única repetição com duração de 30 segundos (1 x 30s), o segundo foi realizado com duas repetições de 15 segundos cada (2 x 15s), e o terceiro realizado com seis repetições de cinco segundos cada (6 x 5s). A flexibilidade dos sujeitos foi avaliada antes e imediatamente após a aplicação dos protocolos. Os resultados relatados neste estudo indicaram que não houve diferenças significativas entre os três protocolos avaliados ( $p > 0,05$ ) (ZAKAS, 2005). Ou seja, os resultados indicaram apenas que todos os grupos tiveram um aumento transitório ou agudo nos níveis de flexibilidade, mas que, no entanto, apenas fica claro que o tempo de 30 segundos representa um estímulo eficiente para aumentar a flexibilidade agudamente, independentemente da forma de

fracionamento deste tempo nos diferentes números de repetições realizadas pelos sujeitos.

Em estudo conduzido por Spernoga *et al.* (2001), a manutenção dos ganhos na flexibilidade dos músculos isquiotibiais após uma única sessão empregando um protocolo de alongamento com a técnica de FNP (facilitação neuromuscular proprioceptiva) foi avaliada. Neste estudo foram avaliados 30 homens saudáveis sendo que 15 realizaram o alongamento e os 15 demais serviram de controle. O protocolo de alongamento empregado neste estudo contava com 5 repetições da técnica em cada qual o sujeito realizava uma contração isométrica máxima dos isquiotibiais por 7 segundos e recebia alongamento passivo por outros 7 segundos.

Os resultados deste trabalho apontaram que o protocolo empregado foi eficiente em aumentar agudamente o comprimento dos isquiotibiais e que este efeito transitório perdurou por até 6 minutos terminada a execução do protocolo (SPERNOGA *et al.*, 2001).

Em relação à manutenção do comprimento dos músculos isquiotibiais mediante a aplicação de um protocolo de alongamento estático, DePino *et al.* (2000) salientam que após o término da aplicação de um protocolo com duração total de 1 minuto (3 séries de 20 segundos) os efeitos transitórios de aumento da ADM da articulação do quadril (em relação ao movimento de flexão) perduraram por 3 minutos após o término da aplicação do estímulo.

## **2.5 Efeitos Agudos do Alongamento sobre o Desempenho Muscular**

Segundo Guimarães Neto (2002), é fundamental que se considere o tipo de contração muscular e a sua intensidade no esforço físico subsequente ao trabalho de alongamento.

Autores como Achour (2006) reiteram ser prudente que apenas poucas repetições de exercícios de alongamento dinâmico ou estático de curta duração (de dez a vinte segundos) sejam realizados antes dos exercícios de força. Ainda segundo Achour (2006), tempos maiores de alongamento podem ocasionar o relaxamento das fibras musculares, gerando uma redução no tônus que pode não

ser benéfica ao desempenho em atividades que exijam potência, movimentos rápidos e vigorosos ou mesmo força máxima.

Trabalhos como o de Laur *et al.* (2003) reiteram que mesmo protocolos curtos de alongamento dos músculos isquiotibiais (3 repetições de 20 segundos cada) podem ser negativos não apenas para a força, mas também para a resistência muscular e também podem ter repercussões negativas em relação à tolerância muscular à fadiga.

Marek *et al.* (2005) salientam que os alongamentos musculares podem comprometer temporariamente a capacidade muscular de produzir força e potência. Isto pode inclusive, segundo os autores, afetar o desempenho de vários exercícios de requeiram explosão muscular durante o processo de reabilitação. Os autores compararam os efeitos agudos das técnicas de alongamento estático e FNP em relação às variáveis pico de torque, potência, amplitude de movimento passiva e ativa, além da resposta eletromiográfica do quadríceps antes e após a aplicação dos protocolos de alongamento com durações totais de  $16,9 \pm 2,3$  minutos (MAREK *et al.*, 2005). Os resultados reportados por este estudo indicam que tanto a técnica de alongamento estático quanto a FNP ocasionaram uma queda significativa no pico de torque, na potência e também na amplitude dos sinais eletromiográficos registrados na comparação pré e pós – alongamento. Tanto em baixa velocidade de deslocamento angular ( $60^\circ \cdot s^{-1}$ ), quanto em alta velocidade ( $300^\circ \cdot s^{-1}$ ).

Em estudo realizado por Zakas *et al.* (2006) foi pesquisada a influência aguda da duração de protocolos de alongamento estático para o grupo muscular do quadríceps no pico de torque isocinético em jogadores de futebol em várias velocidades angulares distintas ( $60, 90, 150, 210$  e  $270^\circ \cdot s^{-1}$ ) e com tempos diferentes de aplicação dos protocolos de alongamento. Neste estudo foram avaliados protocolos com uma repetição com duração de 30 segundos (volume de 30s), dez repetições com duração de 30 segundos cada (volume de 300s) e com dezesseis repetições de 30 segundos cada uma (volume de 480s). Os resultados reportam que não houve diferenças significativas em todas as velocidades angulares pesquisadas nos sujeitos que realizaram o primeiro protocolo (30s), porém decréscimos significativos do ponto de vista estatístico foram detectados em relação

ao pico de torque (PT) nos sujeitos que realizaram o segundo (300s) e o terceiro (480s) protocolos em todas as velocidades angulares.

Os achados deste estudo questionam as afirmações de Nelson *et al.* (2004) de que os decréscimos no pico de torque encontrados após a realização de exercícios de alongamento seriam velocidade – específicos, segundo o qual os efeitos negativos do alongamento só poderiam ser observados em baixas velocidades angulares ( $60^{\circ} \text{ s}^{-1}$  e  $90^{\circ} \text{ s}^{-1}$ ) e não em velocidades mais elevadas ( $150$ ,  $210$  e  $270^{\circ} \text{ s}^{-1}$ ).

Assim, a magnitude dos efeitos agudos deletérios do alongamento estático em relação ao PT parece estar muito mais relacionada com o volume dos protocolos de alongamento e com o tempo de permanência dos sujeitos nas posturas do que propriamente com a velocidade isocinética empregada nas avaliações.

Nesse sentido, alguns autores têm sugerido hipóteses que possam explicar os motivos pelos quais muitos trabalhos têm encontrado em seus resultados déficits na força e potência musculares após a aplicação de protocolos de alongamento muscular. Entre eles pode-se citar o trabalho de Kokkonen *et al.* (1998) no qual os autores verificaram déficits no teste de 1 RM (teste de uma repetição máxima) em sujeitos que foram submetidos a cinco diferentes exercícios de alongamento para os músculos flexores e extensores do joelho com duração total de 20 minutos. Os resultados obtidos neste estudo reportam que o grupo submetido ao protocolo de alongamento supracitado obteve um decréscimo de 16% em relação aos valores obtidos pelo mesmo grupo antes da aplicação do protocolo, entretanto os sujeitos do grupo controle neste estudo (que não realizaram nenhum trabalho de alongamento, permanecendo em repouso durante o tempo correspondente à aplicação do protocolo) não apresentaram alterações nas avaliações de força inicial e final. Tais resultados foram atribuídos às respostas musculares e aos proprioceptores articulares frente ao trabalho de alongamento. Principalmente em relação ao OTG (órgão tendinoso de Golgi) que, segundo os autores, seria responsável por responder à tensão provocada pelo alongamento e gerar um reflexo inibitório (reflexo autogênico) tanto no músculo que está sendo alongado quanto no seu antagonista. Ainda de acordo com Kokkonen *et al.* (1998), os nociceptores presentes

nos músculos, tendões e cápsulas articulares podem também ser responsáveis pela inibição da via neural responsável pela ativação muscular otimizada.

No estudo de Marek *et al.* (2005), duas hipóteses também foram descritas para esclarecer os déficits agudos na força e também na potência muscular pós – alongamento. A primeira delas refere-se a fatores mecânicos, tais como alterações nas propriedades viscoelásticas da unidade músculo – tendínea. A segunda hipótese trata de fatores neurais em concordância com Kokkonen *et al.* (1998), tais como a menor ativação das unidades motoras pós – alongamento. Outro ponto relevante levantado pelo estudo de Marek *et al.* (2005), foi o fato de terem ocorrido déficits induzidos pelo alongamento na ativação eletromiográfica (EMG) de superfície dos músculos vasto lateral e reto femoral nas velocidades angulares de 60 e 300°·s<sup>-1</sup> após a aplicação dos protocolos de alongamento, o que reforça a hipótese de que um menor número de unidades motoras seja ativado após protocolos de alongamento mais longos.

Um aspecto bastante relevante quando se considera os efeitos agudos do alongamento sobre o desempenho muscular parece estar diretamente relacionado com o volume dos protocolos empregados pelos diferentes estudos previamente às avaliações de força (BRANDENBURG, 2006). Nesse sentido, ainda não há pleno consenso entre os autores a respeito do tempo mínimo de duração dos protocolos capaz de promover alterações de natureza mecânica e/ou proprioceptivas na unidade músculo - tendínea a ponto de comprometer a força em níveis significativos.

A maior parte dos autores relata ter encontrado déficits significativos no desempenho dos músculos flexo – extensores de joelho mediante a aplicação de protocolos com tempos totais de duração bastante variados. No entanto, alguns destes estudos empregaram em suas metodologias protocolos de alongamento demasiadamente longos, em torno de 20 minutos (KOKKONEN *et al.*, 1998; MAREK *et al.*, 2005) e que não correspondem efetivamente às rotinas de aquecimento empregadas pela maioria dos atletas antes de seus treinamentos e competições conduzindo a uma série de indagações sobre a aplicabilidade prática dos resultados oriundos destes estudos, conforme salienta Brandenburg (2006).

Nessa perspectiva, um dos estudos que comparou protocolos mais curtos de alongamento foi o de Branderburg (2006), no qual o autor empregou protocolos de

alongamento estático para os músculos isquiotibiais com durações totais de 15 e 30 segundos, empregando a dinamometria isocinética como instrumento de avaliação do desempenho muscular . Os resultados deste estudo reportam que mesmo protocolos curtos de alongamento foram capazes de ocasionar déficits significativos nos picos de torque concêntrico e excêntrico e também no pico de força isométrico de ambos os grupos, levando o autor a desencorajar a inclusão de exercícios de alongamento estático durante a preparação e o aquecimento para atividades de força.

## **2.6 Artrocinemática do Joelho**

A respeito dos movimentos do joelho, duas articulações separadas têm de ser consideradas: a articulação tibiofemoral, que é a mais importante, uma vez que controla os movimentos de flexão e extensão do membro inferior, e a femoropatelar que atua como uma polia para o tendão quadricipital, alterando a sua linha de ação (PALASTANGA, 2000).

Os principais movimentos que ocorrem na articulação do joelho são a flexão e a extensão, juntamente com uma discreta rotação interna quando a articulação é flexionada (WATKINS, 1999).

Segundo Hall (2005), a articulação do joelho difere de uma articulação dobradiça típica, não somente em virtude da rotação que ocorre, mas também porque o eixo em torno do qual o movimento ocorre, juntamente com a área de contato entre as superfícies articulares, move-se durante a extensão e a flexão para frente e para trás, respectivamente. De acordo com a mesma autora, essa alteração na posição do eixo de rotação deve-se ao raio de curvatura dos côndilos femorais que muda constantemente.

### **2.6.1 Aspectos Anátomo – Cinesiológicos do Aparelho Flexo - Extensor de Joelho**

Neste item são descritos alguns dos aspectos anatômicos e cinesiológicos mais relevantes dos músculos responsáveis pelos movimentos de flexão e extensão da articulação do joelho.

Em relação ao grupo muscular do quadríceps femoral os autores o descrevem como consistindo de quatro músculos: o vasto lateral, vasto intermédio, vasto medial e o reto femoral (STARKEY; RYAN, 2001). Todos os músculos que compõem o quadríceps femoral apresentam uma inserção distal comum na tuberosidade da tíbia sobre o ligamento patelar (PUTZ; PABST, 2000), conforme pode ser visto na figura 10.

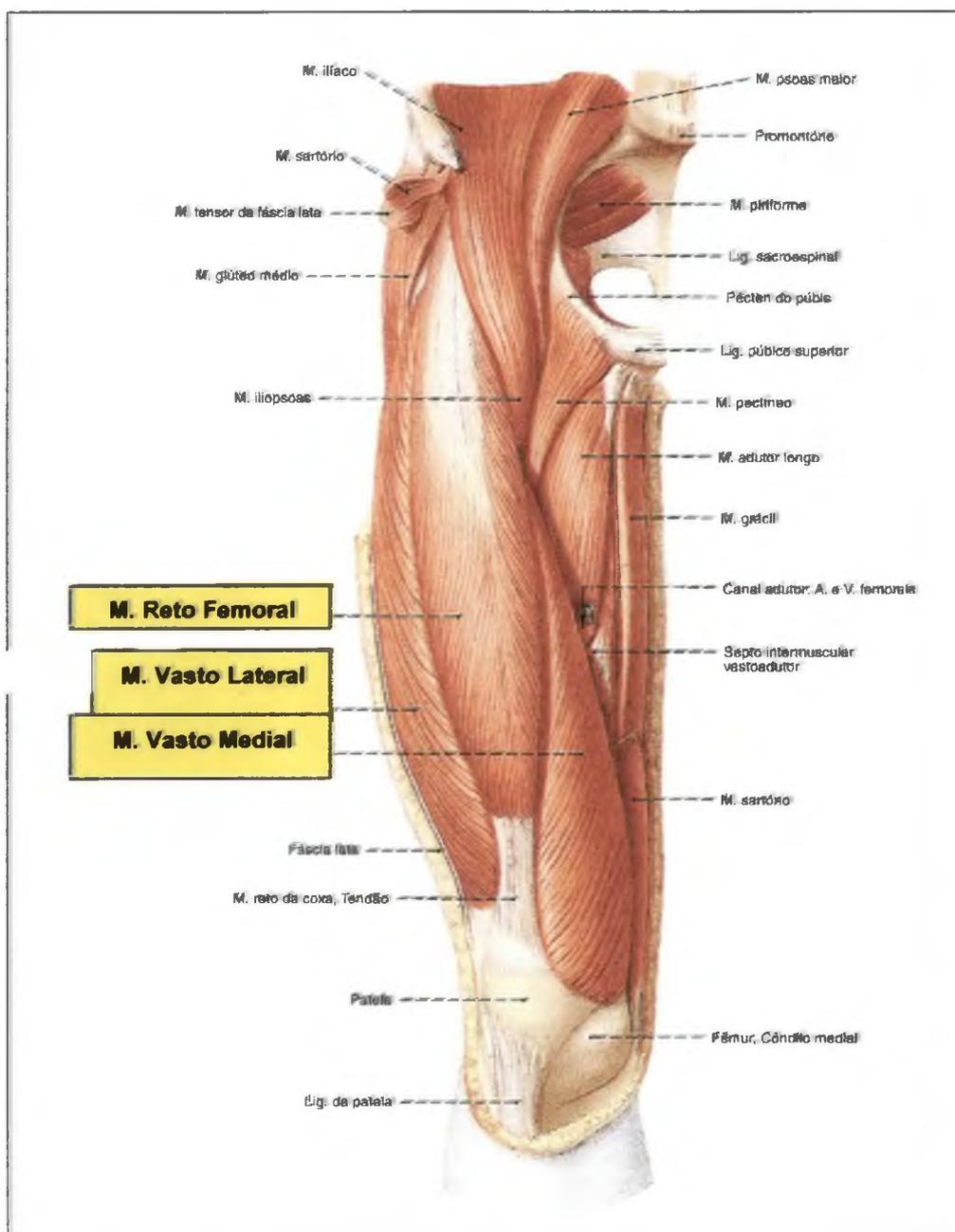


Figura 10 – Vista anterior dos músculos da coxa e do quadril com ênfase no quadríceps. Adaptado de Putz e Pabst (2000).

O músculo vasto intermédio, por fazer parte da camada profunda dos músculos da coxa, está representado na figura 11 mediante a remoção do músculo reto femoral.

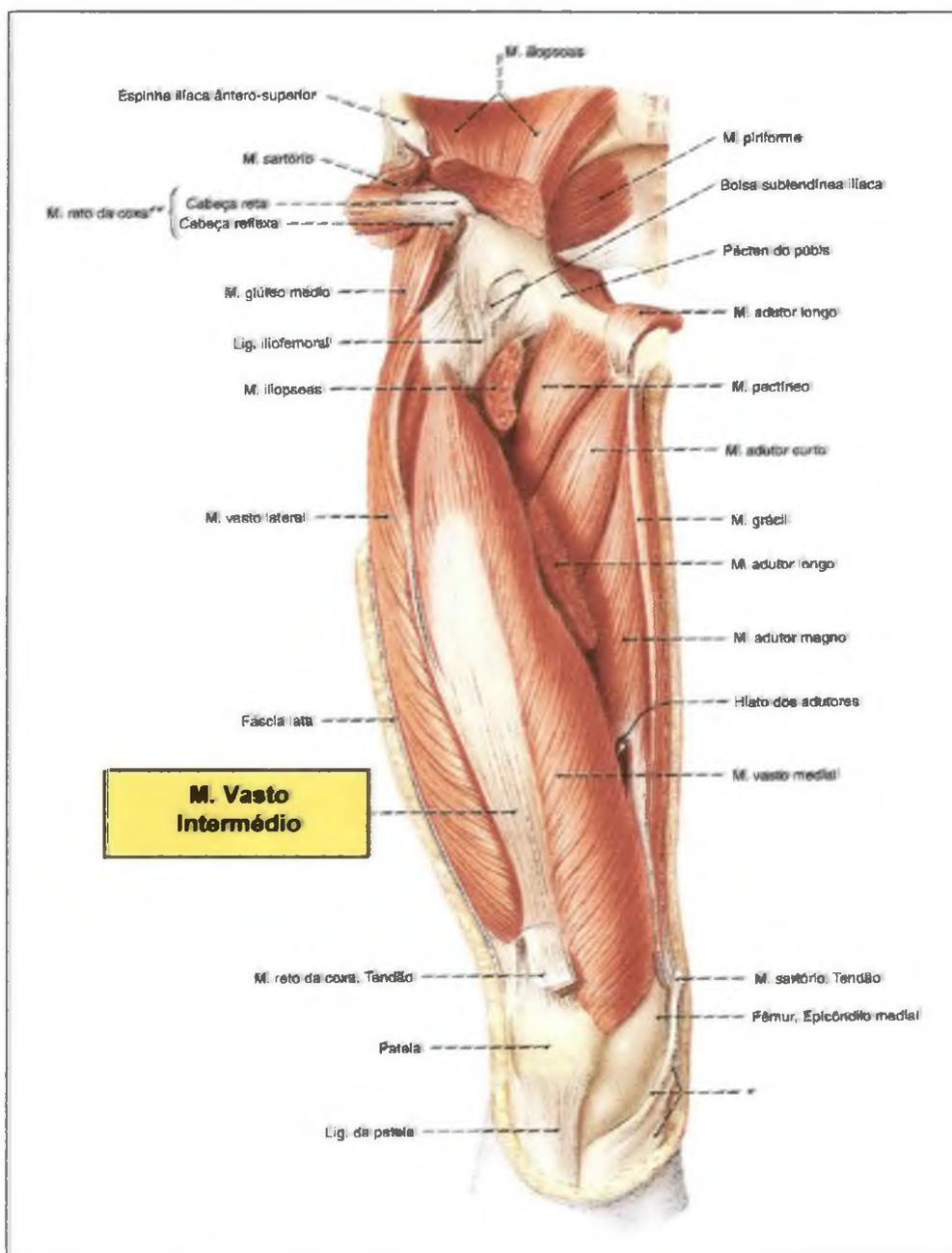


Figura 11 – Vista anterior dos músculos da coxa e do quadril com ênfase no vasto intermédio. Adaptado de Putz e Pabst (2000).

Como grupo, o quadríceps femoral promove a extensão do joelho, e o reto femoral por ser biarticular, também funciona como flexor do quadril, especialmente quando o joelho está flexionado; e o vasto medial oblíquo promove o deslizamento medial da patela (KAPANDJI, 2000).

Já o grupo antagonista do quadríceps no movimento de extensão da articulação do joelho, são os músculos posteriores da coxa, conhecidos coletivamente como grupo dos músculos isquiotibiais (HALL, 2005).

O grupo isquiotibial é constituído pelos músculos semitendinoso, semimembranoso e a cabeça longa do bíceps femoral (STARKEY; RYAN, 2001). Os isquiotibiais estão representados na figura 12.

Como grupo, os isquiotibiais funcionam fazendo a flexão do joelho e a extensão do quadril (KAPANDJI, 2000). O bíceps femoral funciona também promovendo a rotação externa do joelho, enquanto o semimembranoso e o semitendinoso promovem a rotação interna do joelho (HALL, 2005).

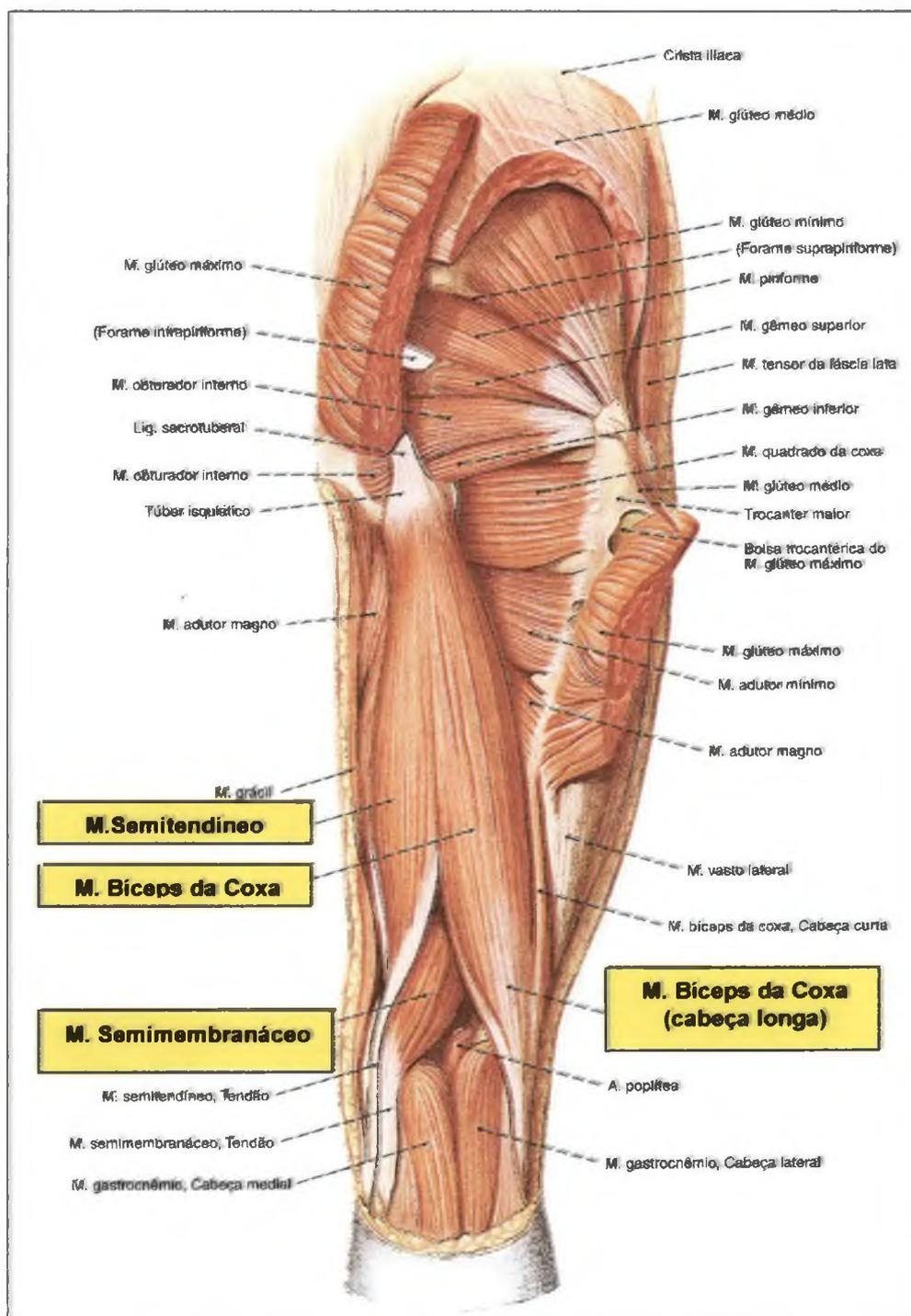


Figura 12 – Vista posterior da coxa e do quadril com ênfase nos isquiotibiais, após a remoção parcial dos músculos glúteo máximo e médio (PUTZ; PABST, 2000).

## 2.7 Dinamometria Isocinética

Neste subseção são abordados conceitos básicos a respeito da dinamometria isocinética, assim como os conceitos de torque e momento articular. Considerações sobre a aplicação da dinamometria isocinética na avaliação dos músculos do joelho também são abordadas. O modelo de dinamômetro isocinético utilizado neste trabalho está representado na figura 13.



Figura 13 – Dinamômetro isocinético CYBEX® (modelo NORM 7000) – sistema de teste e reabilitação.

### 2.7.1 Conceito de Isocinetismo

O isocinetismo é um processo no qual um segmento do corpo acelera para alcançar uma velocidade fixa pré-selecionada contra uma resistência adaptável (DVIR, 2002).

Independentemente da magnitude da força exercida pelo sujeito avaliado, a velocidade do segmento não excederá a velocidade pré-selecionada pelo avaliador (DVIR, 2002).

Segundo Prentice e Voight (2003) o exercício isocinético pode ser basicamente definido como um movimento que ocorre em uma velocidade angular constante com resistência acomodativa.

### **2.7.2 Torque ou Momento Muscular**

De acordo com Hall (2005) a força muscular é medida como uma função da capacidade coletiva de gerar força para determinado grupo muscular funcional. Ainda segundo a autora, a força muscular seria a capacidade de determinado grupo muscular gerar torque em uma articulação específica.

Por torque ou momento de força pode-se entender a grandeza física associada à possibilidade de rotação em torno de um eixo, decorrente da aplicação de uma força em um corpo (OKUNO; FRATIN, 2003).

No contexto da dinamometria isocinética, segundo Dvir (2002), o torque muscular produzido pelo sujeito ocorre em uma tentativa de superar a velocidade de deslocamento angular pré-selecionada conforme os objetivos da avaliação.

Para Dvir (2002) a resistência imposta pelo dinamômetro à execução do movimento varia constantemente no intuito de equiparar a força aplicada pelo avaliado em todo os pontos da amplitude de movimento avaliada, garantindo assim que o movimento ocorra na mesma velocidade de deslocamento angular em toda sua extensão, principal característica do isocinetismo.

A magnitude do torque produzido pelo avaliado no dinamômetro é mensurada basicamente em *Newtons . metro (N.m)* e pode ser representada tanto numérica quanto graficamente (CYBEX NORM, 1998), conforme demonstrado na figura 14 na qual toda área abaixo da curva representa o trabalho muscular produzido pelo avaliado (mensurado em joules) e o ponto mais proeminente da curva representa o pico de torque (ou momento máximo) mensurado em *Newtons.metro (N.m)*.

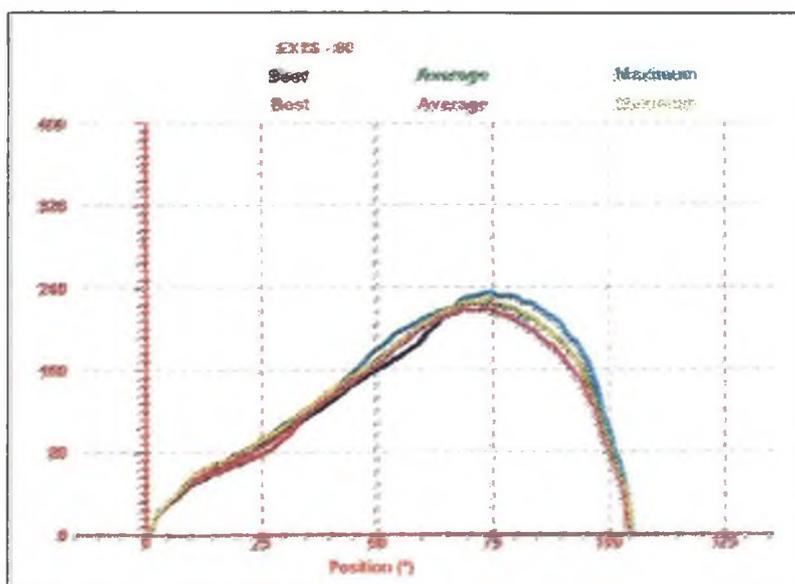


Figura 14 - Representação das curvas típicas de torque isocinético do grupo muscular do quadríceps fornecida pelo *software* do dinamômetro isocinético CYBEX NORM 7000®.

### 2.7.3 Características do Exercício Isocinético

Algumas características relevantes do exercício isocinético com fins de avaliação do desempenho muscular referenciadas por Dvir (2002) são a possibilidade do avaliado produzir força máxima ao longo de toda a amplitude de movimento (diferentemente dos exercícios isotônicos convencionais não isocinéticos), além da possibilidade do avaliado ter a seu desempenho muscular avaliado em várias velocidades angulares distintas. Desta forma estima-se com mais precisão diferentes aspectos das capacidades musculares, tais como a força pura, a potência (força explosiva), a resistência (força sustentada) tornando mais fidedignos e objetivos os dados sobre o desempenho do grupo muscular avaliado em relação às atividades funcionais do avaliado (ZAKAS *et al.*, 2006).

Para McArdle *et al.* (2003), o treinamento com resistência isocinética combina as características positivas tanto do exercício isométrico quanto do levantamento dinâmico de pesos (exercícios isotônicos).

O isocinetismo proporciona uma sobrecarga muscular para uma velocidade constante enquanto o músculo mobiliza sua capacidade geradora de força através

da ADM (amplitude de movimento) plena. Qualquer esforço durante o movimento do exercício encontra uma força oponente relativa àquela aplicada ao dispositivo mecânico, o que representa a característica do exercício isocinético de apresentar resistência variável (acomodação).

Ainda para McArdle *et al.* (2003), o treinamento isocinético ativa o maior número de unidades motoras de forma a impor sistematicamente uma sobrecarga aos músculos - até mesmo nos ângulos articulares relativamente "mais fracos" - à medida que a própria biomecânica da alavanca ósteo-mio-tendinosa produz variações na capacidade geradora de força através da amplitude de movimento articular.

#### **2.7.4 Avaliação Isocinética dos Músculos do Joelho**

Segundo Dvir (2002) alguns aspectos devem ser levados em consideração em relação ao teste isocinético para a articulação do joelho, tais como:

- a) o alinhamento dos eixos biológico e mecânico;
- b) o posicionamento e a estabilização corretos do avaliado;
- c) a posição da plataforma de resistência e as velocidades do teste.

Cada um destes aspectos é abordado de forma mais pormenorizada a seguir.

##### **a) Alinhamento dos eixos Biológico e Mecânico**

Segundo Zuluaga *et al.* (2000), o joelho tem duas articulações principais: a tibiofemoral e a fêmoro-patelar. Entretanto, já que o movimento patelar por si só é irrelevante no contexto do teste isocinético, apenas o alinhamento tibiofemoral deve ser levado em consideração (DVIR, 2002).

Para o teste isocinético dos músculos extensores e flexores do joelho um alinhamento conveniente do eixo estende-se através do côndilo femoral lateral na posição usual sentada (*vide figura 19*), (CYBEX NORM, 1998).

Sobre essa questão Dvir (2002) afirma que o centro de rotação para o movimento tibial sagital não é fixado neste eixo. Ainda segundo o autor, no

movimento tibial sagital em uma articulação tibiofemoral normal o centro de rotação se move na forma de um arco. "(...) Isso significa que o comprimento entre a plataforma de resistência e o centro de rotação na articulação muda durante o movimento" (DVIR, 2002, p.97).

O torque (momento máximo) do quadríceps ou dos isquiotibiais pode ser obtido a partir da relação entre o momento registrado x comprimento do braço de alavanca (DVIR, 2002).

#### b) Posicionamento e Estabilização

Os procedimentos adequados para o posicionamento e estabilização do avaliado foram descritos por Dvir (2002), como segue:

- A Posição Sentada: o avaliado deve permanecer sentado com o tronco levemente reclinado e as coxas bem suportadas pelo assento. Nessa posição o joelho é testado ao longo de uma ADM que se estende a partir de 75 – 90° de flexão, na direção da máxima extensão possível (DVIR, 2002).
- O Ângulo de Reclinação: foi indicado que o ângulo de inclinação tem um efeito diferencial no momento do quadríceps e dos isquiotibiais (DVIR, 2002). Enquanto o momento do quadríceps não foi significativamente diferente entre as posições sentada e semi – reclinada, os resultados dos isquiotibiais foram significativamente mais altos na posição sentada. Assim, a posição sentada (tronco a aproximadamente 80°) é provavelmente a ideal para o teste tanto dos extensores quanto dos flexores do joelho (DVIR, 2002).

#### c) Velocidades Angulares adequadas para o Teste Isocinético do Joelho

Os isquiotibiais e ainda mais o quadríceps têm sido testados ou condicionados usando um campo extensivo de velocidades angulares (DVIR, 2002).

É discutível se o uso de velocidades angulares altas (maiores que 180° s<sup>-1</sup>), particularmente para o teste do joelho, produz resultados que melhoram

significativamente a interpretação dos resultados obtidos no teste (ZAKAS *et.al.*, 2006).

Primeiramente, não está claro ainda se um setor razoável da ADM é coberto a uma velocidade constante (DVIR, 2002). Em segundo lugar, em seu estudo, Ghena *et al.* (1991), demonstraram apenas uma diferença muito discreta (3 N.m) e não significativa entre o momento concêntrico dos isquiotibiais a 300 e 450° s<sup>-1</sup>. Para o quadríceps, houve uma diminuição significativa (33 N.m) no momento de pico (pico de torque) entre as velocidades, mas foi pequena se comparada com a diferença entre 120 e 300° s<sup>-1</sup> (74 N.m).

Portanto, no teste isocinético de joelho, velocidades muito elevadas não proporcionam informação útil, a não ser que a modalidade esportiva do atleta esteja associada como desempenho muscular de alta velocidade (PRENTICE; VOIGHT, 2003). Mais do que isso, fora para atletas profissionais, velocidades angulares muito altas não parecerem simular nenhuma atividade com sentido funcional.

Para o condicionamento muscular voltado particularmente à potência, a velocidade angular de 450°s<sup>-1</sup> é recomendada por alguns autores (PRENTICE; VOIGHT, 2003).

Uma amplitude recomendável de velocidades de teste isocinético para a articulação do joelho seria entre 60 e 180° s<sup>-1</sup> (DVIR, 2002).

### **3 METODOLOGIA**

Nesta seção são descritos os procedimentos metodológicos realizados neste trabalho. Primeiramente encontram-se descritos os procedimentos gerais e posteriormente os específicos.

#### **3.1 Critérios de Inclusão / Exclusão**

Para que fossem incluídos neste estudo os sujeitos deveriam atender aos seguintes critérios:

- a) Serem todos do sexo masculino;
- b) Terem entre 17 e 21 anos de idade;
- b) Realizarem atividade física com predominância aeróbica com uma frequência de pelo menos 3 vezes por semana e com um volume mínimo de 40 minutos por sessão.
- c) Apresentarem como dominante o membro inferior direito.

Como critérios de exclusão dos sujeitos neste estudo foram estabelecidos:

- a) Histórico de lesão músculo – esquelética nos últimos 6 meses;
- b) Presença de qualquer patologia traumato – ortopédica envolvendo o sistema musculoesquelético.
- c) Sujeitos que realizassem treinamento sistemático de força.

#### **3.2 Amostra**

Atendendo aos critérios de inclusão e exclusão estabelecidos, o universo amostral do presente trabalho constituiu-se de 36 sujeitos, com média de idade de 19 ( $\pm 2$ ) anos, massa de 63,76 ( $\pm 5,3$ ) kg e altura de 173 ( $\pm 4,7$ ) cm.

Os sujeitos recrutados para a pesquisa eram jovens cadetes do exército da cidade de Curitiba (5° Batalhão) e acadêmicos da PUCPR.

### 3.3 Instrumentos / Procedimentos Experimentais

Todos os procedimentos experimentais do presente trabalho foram realizados no Centro de Dinamometria Isocinética da Clínica Escola de Fisioterapia da PUCPR.

Todos os sujeitos assinaram previamente um termo de consentimento livre e esclarecido. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, sob o número de registro 902.

Para a avaliação do desempenho muscular foi empregado o dinamômetro isocinético (*Cybex®*, modelo *NORM 7000*), módulo de membros inferiores. O flexímetro (*ICP®*, modelo 1406), foi empregado para as avaliações da amplitude de movimento da articulação do quadril. E o aquecimento sistêmico dos sujeitos foi realizado em bicicleta ergométrica (*Moviment®*, modelo *Biocycle 2600 Eletromagnetic*)

Os sujeitos foram distribuídos aleatoriamente em três grupos com 12 participantes cada: grupo de alongamento estático 1 ( $E_1$ ), grupo de alongamento estático 2 ( $E_2$ ), que foram submetidos a protocolos de alongamento de 180 e 360 segundos, respectivamente, e o grupo controle (C), que não realizou nenhum tipo de alongamento, permanecendo em repouso por aproximadamente 270 segundos. O processo de randomização dos participantes nos três grupos foi dirigido por meio de sorteio realizado logo após a anamnese feita com cada participante.

Os procedimentos experimentais empregados neste estudo encontram-se descritos de forma simplificada para melhor compreensão na figura 15.

Inicialmente os sujeitos realizaram um aquecimento sistêmico em bicicleta ergométrica, após o qual estes foram submetidos a uma avaliação da amplitude de movimento (ADM) de flexão do quadril. O tempo decorrido entre o término do aquecimento sistêmico e a avaliação inicial da ADM era de aproximadamente 80 segundos. Após a avaliação inicial da ADM de quadril, os sujeitos realizaram um protocolo de familiarização no dinamômetro isocinético (aquecimento específico) seguido da avaliação isocinética inicial. O tempo decorrido entre o término da avaliação da ADM inicial e o aquecimento específico era de aproximadamente 80 segundos. Logo após o término do aquecimento específico os sujeitos realizavam a avaliação isocinética inicial. O tempo decorrido entre o término do aquecimento

específico e o início do protocolo de avaliação isocinética inicial era de aproximadamente 120 segundos.

O tempo decorrido entre a avaliação isocinética inicial e a realização dos protocolos de alongamento era de aproximadamente 60 segundos. Concluída esta etapa, os sujeitos realizaram seus respectivos protocolos de alongamento, à exceção do grupo controle que permaneceu em repouso durante o tempo médio correspondente à aplicação dos protocolos de alongamento.

A última etapa da coleta de dados consistiu da reavaliação da ADM de flexão do quadril que seguiu os mesmos procedimentos da inicial. O tempo decorrido entre o término da execução dos protocolos de alongamento e a avaliação final da flexibilidade era de aproximadamente 60 segundos.

Após a avaliação final da flexibilidade foi realizada uma reavaliação isocinética que também seguiu o mesmo protocolo da avaliação isocinética inicial realizada com cada sujeito à exceção da série de familiarização que foi realizada apenas na avaliação isocinética inicial. O tempo decorrido entre a avaliação final da flexibilidade e a reavaliação isocinética era de aproximadamente 60 segundos.

A descrição simplificada dos procedimentos metodológicos está representada esquematicamente no fluxograma da figura 15.

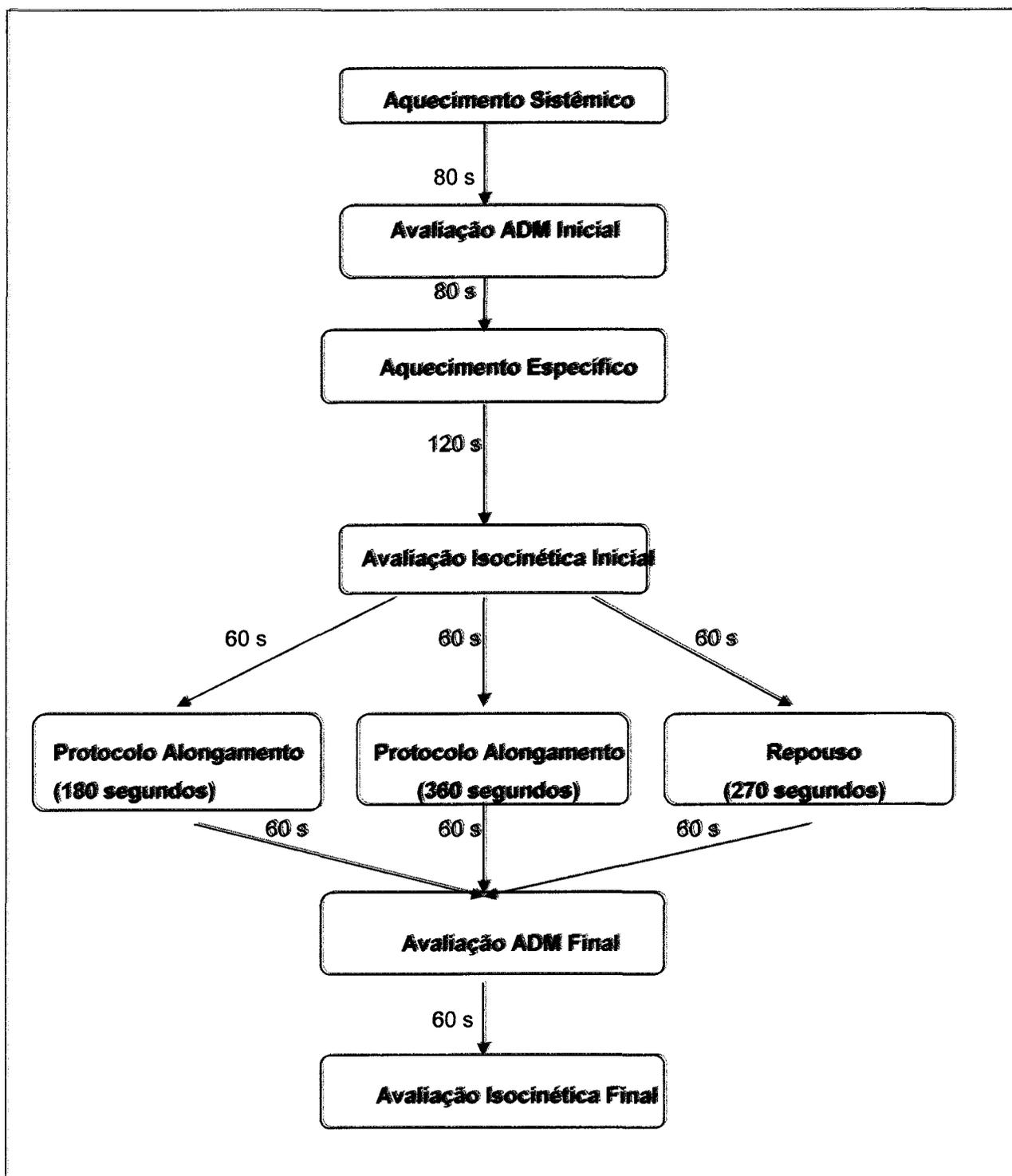


Figura 15 – Descrição simplificada dos procedimentos metodológicos realizados neste estudo e dos tempos aproximados de intervalo entre os procedimentos.

A seguir encontra-se a descrição detalhada dos procedimentos metodológicos empregados.

### 3.3.1 Protocolo do Aquecimento Sistêmico

Os sujeitos realizaram o aquecimento sistêmico com carga de 0,5 kpm (resistência mínima fornecida pelo equipamento) durante cinco minutos, tempo também empregado por outros autores e considerado suficiente para ativar o fluxo sanguíneo periférico (MAREK *et al.*, 2005; ZAKAS *et al.*, 2005).

O posicionamento do sujeito na bicicleta está ilustrado pela figura 16.

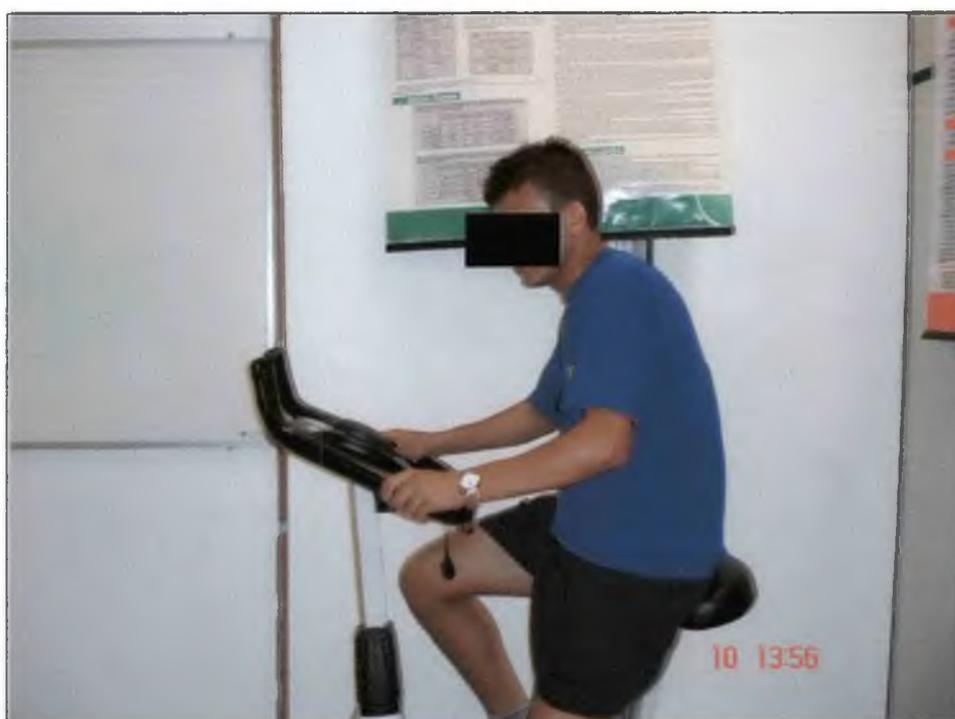


Figura 16 – Voluntário realizando o aquecimento sistêmico na bicicleta ergométrica.

### 3.3.2 Protocolo das Avaliações de Amplitude de Movimento de Flexão do Quadril

Os sujeitos eram orientados a permanecer na posição de decúbito dorsal em uma maca, para que o flexímetro pudesse ser posicionado na face lateral (porção média) da coxa direita, posição esta que era demarcada com uma caneta dermatográfica para que o instrumento pudesse ser recolocado precisamente na mesma posição durante a reavaliação da ADM pós – alongamento, conforme ilustrado pela figura 17.



Figura 17 – Posicionamento do flexímetro no terço médio – lateral da coxa do voluntário para avaliação da ADM em relação ao movimento de flexão da articulação do quadril.

Em seguida, o sujeito realizava o movimento de flexão da articulação do quadril até a sua amplitude máxima com o joelho plenamente estendido e realizando concomitantemente o movimento de dorsi – flexão do tornozelo para que a musculatura flexora plantar (tríceps sural e músculo plantar) também fosse alongada, tendo em vista o importante papel desse grupo muscular como motor

secundário, atuando como sinergista com os isquiotibiais durante o movimento de flexão do joelho (GREGO NETO *et al.*, 2006).

O sujeito era instruído a permanecer com o membro contra – lateral (não avaliado) em contato com a maca. Para minimizar os efeitos de possíveis compensações e assegurar que tanto o joelho quanto o quadril do membro contra – lateral permanecessem em 0° de flexão uma tira de velcro foi firmemente fixada no terço distal da coxa esquerda dos sujeitos, conforme sugere Branderburg *et al.* (2006). A técnica de mensuração da ADM de flexão do quadril está ilustrada na figura 18.

Concluído o movimento, o valor apontado pelo flexímetro era registrado.



Figura 18 – Mensuração da ADM da articulação do quadril.

A técnica de avaliação da amplitude de movimento de flexão do quadril com o sujeito em decúbito dorsal realizando o movimento de flexão do quadril com o joelho em extensão total foi descrita por Davis *et al.* (2005) como sendo um parâmetro consistente para a estimação e avaliação do comprimento dos músculos isquiotibiais.

### 3.3.3 Protocolo das Avaliações Isocinéticas

Durante as avaliações isocinéticas os sujeitos foram primeiramente posicionados sentados no dinamômetro, tendo a cadeira sido posicionada com 85° de flexão do quadril, e o eixo mecânico do aparelho alinhado em relação ao epicôndilo lateral do fêmur do avaliado, considerado o ponto anatômico de referência para as avaliações de joelho procedimentos estes referenciado por Dvir (2002) e por Papadopoulos *et al.* (2005), como sendo adequados para as avaliações isocinéticas dos músculos do joelho com o sujeito na posição sentada. O posicionamento do sujeito está ilustrado pela figura 19. Antes da realização de cada avaliação isocinética foi realizada a correção para a gravidade como parte integrante dos procedimentos de preparo do dinamômetro isocinético.

A adequada estabilização dos sujeitos era garantida pelos cintos colocados na região do tronco, do quadril e da coxa do membro inferior avaliado atendendo à sugestão do manual de uso do dinamômetro isocinético (CYBEX NORM, 1998).

Todos os dados isocinéticos considerados no presente estudo são relativos ao membro inferior direito que correspondia ao membro dominante de todos os sujeitos participantes neste estudo. Tal característica era determinada de acordo com a preferência de chute dos sujeitos verificada durante a anamnese realizada com os mesmos antes da coleta de dados.



Figura 19 – Posicionamento do voluntário no dinamômetro isocinético.

A amplitude de movimento foi limitada entre 105° de flexão e 0° de extensão do joelho conforme recomendação da Cybex Norm (1998), conforme ilustrado na figura 20.

As avaliações foram realizadas concentricamente tanto na extensão, quanto na flexão do joelho (embora apenas os dados da flexão referentes aos músculos isquiotibiais tenham sido considerados no presente trabalho) e ocorreram a uma velocidade de deslocamento angular de  $60^{\circ} \text{ s}^{-1}$  (DVIR, 2002).



Figura 20 – Procedimento técnico de delimitação da amplitude de movimento articular avaliada isocineticamente.

Após terem sido posicionados no dinamômetro os sujeitos realizaram o aquecimento específico que correspondeu a uma série composta por três repetições sendo as duas primeiras submáximas e a última máxima, cujo objetivo era promover a familiarização dos sujeitos com o dinamômetro (com o padrão das contrações isocinéticas), além de promover um recrutamento progressivo de unidades motoras, conforme recomendado por Marek *et al.* (2005) e por Branderburg *et al.* (2006).

Após o término da série de familiarização, era permitido um intervalo de 2 minutos antes que os sujeitos realizassem as 3 repetições máximas, para que não houvesse interferência da familiarização nos resultados da avaliação isocinética inicial, mesmo procedimento adotado por Marek *et al.* (2005).

Finalizado o aquecimento específico (familiarização) os sujeitos realizaram três repetições isocinéticas máximas que foram as consideradas nos resultados deste estudo.

O pós – teste isocinético, à exceção da familiarização, seguiu os mesmos parâmetros. Todos os sujeitos tiveram veemente encorajamento verbal do mesmo avaliador durante os testes isocinéticos (McNAIR *et al.*, 1996).

### 3.3.4 Protocolos de Alongamento

Os sujeitos dos grupos  $E_1$  e  $E_2$  foram submetidos à técnica de alongamento estático aplicada no grupo muscular isquiotibial sob supervisão direta do pesquisador. Para tanto, os sujeitos foram instruídos a permanecer sentados na maca com os membros inferiores (principalmente os joelhos) em extensão total e em seguida realizavam a flexão máxima do tronco com os membros superiores também estendidos na posição chamada de “sentar e alcançar”, por ser esta uma postura considerada eficiente para o alongamento dos músculos isquiotibiais (DANTAS, 2005; ACHOUR, 2006). Após atingirem a ADM final na qual deveriam permanecer para realizar o alongamento, os sujeitos eram inquiridos a respeito do nível de desconforto subjetivo provocado pelo exercício, sendo então instruídos de que este deveria ser o máximo tolerável sem, no entanto, provocar dor. Por tratar-se de uma postura de auto-alongamento os exercícios foram realizados sem auxílio externo direto do pesquisador, porém os sujeitos eram permanentemente encorajados verbalmente a executarem os exercícios na máxima amplitude articular.

A postura de alongamento empregada neste estudo encontra-se ilustrada na figura 21. Com a finalidade de evitar compensações e garantir maior eficiência do exercício, uma tira de velcro era firmemente posicionada no terço distal da coxa dos sujeitos para evitar a flexão dos joelhos, procedimento também adotado por Papadopoulos *et al.* (2005) em seu estudo.

O protocolo de alongamento para o grupo  $E_1$  consistia de 1 série composta de 4 repetições de 45 segundos cada uma, perfazendo um total de 180 segundos (3 minutos) de permanência do sujeito na postura de alongamento.

Para o grupo  $E_2$  o protocolo consistia de 1 série composta de 8 repetições de 45 segundos cada, perfazendo um total de 360 segundos (6 minutos) na postura de alongamento.

Em ambos os protocolos as repetições eram realizadas com o intervalo de 1 minuto, assim como no estudo de Davis *et al.* (2005).

A estruturação dos protocolos de alongamento obedeceu às recomendações do Colégio Americano de Medicina Esportiva em relação ao tempo mínimo estabelecido de 30 segundos de duração de cada repetição capaz de promover alterações visco – elásticas na unidade músculo – tendínea (ACSM, 2003).

A seleção do número de repetições e, por conseguinte, do tempo total de duração dos protocolos foi realizada com base nas durações médias de aplicação dos protocolos empregados em outros estudos com metodologias similares à deste trabalho, porém não reproduzindo fielmente os mesmos tempos empregados em nenhum estudo consultado (BEHM *et al.*, 2005; MAREK *et al.*, 2005; PAPADOPOULOS *et al.*, 2005; ZAKAS *et al.*, 2005; POWER *et al.*, 2004; KOKKONEN *et al.*, 1998).



Figura 21 – Posicionamento do sujeito durante a realização da técnica de alongamento.

### 3.3.5 Variáveis Analisadas

As variáveis avaliadas no presente estudo foram a potência muscular dos isquiotibiais mensurada em *watts* e a amplitude de movimento articular (ADM) de flexão do quadril mensurada em *graus* assim como em outros trabalhos da literatura (MAREK *et al.*, 2005; ZAKAS *et al.*, 2005).

### 3.4 Tratamento Estatístico

A condição de normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Kolmogorov – Smirnov e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Levène. Para a comparação das avaliações pré e pós-alongamento, dentro de cada grupo, foi usado o teste *t* de Student para amostras pareadas. A associação entre variáveis foi analisada estimando-se o coeficiente de correlação de Pearson. Em todos os testes, valores de  $p < 0,05$  indicaram significância estatística (STELL, 1997).

Para todos os membros de cada grupo, foram determinadas as diferenças percentuais entre os valores pré e pós-alongamento de cada variável, sendo:

$$\text{Diferença percentual} = 100 \cdot (\text{valor}_{\text{pós}} - \text{valor}_{\text{pré}}) / \text{valor}_{\text{pré}}$$

Para a comparação dos grupos em relação às variáveis do estudo, foi usada a análise de covariância (ANCOVA) e o teste LSD para as comparações múltiplas (CALLEGARI – JACQUES, 2003).

Os três grupos foram comparados simultaneamente, com relação a todas as variáveis. Em todos os testes, valores de  $p \leq 0,05$  indicaram significância estatística.

O *software* utilizado para a realização do tratamento estatístico do presente trabalho foi o SPSS (versão 14).

## 4 RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos nas comparações entre as avaliações isocinéticas dos grupos E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> e C para as variáveis: amplitude de movimento de flexão do quadril (ADM) e potência (P).

A apresentação dos resultados está organizada inicialmente descrevendo as características antropométricas dos sujeitos dos grupos E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> e C e posteriormente descrevendo os resultados das variáveis pesquisadas.

Objetivando uma melhor padronização na apresentação dos dados desta seção, o comportamento de cada variável será descrito individualmente para cada grupo (resultados intragrupos) e posteriormente de forma comparativa entre grupos (resultados intergrupos).

### 4.1 Dados Antropométricos dos Grupos

Com a finalidade de avaliar a homogeneidade dos sujeitos em relação às suas características antropométricas, foram coletados os dados referentes ao peso, estatura e índice de massa corporal (IMC). Os dados encontram-se descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados antropométricos dos sujeitos dos grupos de estudo e controle.

Variável	Grupo E <sub>1</sub>	Grupo E <sub>2</sub>	Controle	Valor de p*
Idade (anos)	21,1 ± 2,7	20,9 ± 3,0	21,8 ± 3,5	0,743
Peso (kg)	66,7 ± 12,4	67,3 ± 10,3	68,8 ± 6,0	0,874
Estatura (cm)	173,3 ± 7,5	176,0 ± 6,5	177,0 ± 5,5	0,378
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	22,1 ± 2,7	21,7 ± 2,2	22,0 ± 2,0	0,905

Nota: (\*) Valor de p referente à comparação das médias dos grupos para cada variável. Os valores de  $p > 0,05$  indicam que não foram encontradas diferenças significativas entre as variáveis pesquisadas.

## 4.2 Resultados Intragrupos

Na Tabela 2 são apresentados os valores absolutos médios e seus respectivos desvios – padrão encontrados nas avaliações iniciais e finais de ADM e isocinética referente à potência dos músculos isquiotibiais.

A amplitude de movimento (ADM) de flexão do quadril ambos os grupos de estudo (E<sub>1</sub> e E<sub>2</sub>) apresentaram aumentos significativos, enquanto que para o grupo controle (C) esta manteve-se inalterada, dentro do nível de significância adotado ( $p \leq 0,05$ ). Os valores da ADM dos grupos E<sub>1</sub> e E<sub>2</sub> mostram que ambos os protocolos foram eficientes em aumentar agudamente a amplitude de movimento pesquisada.

Para a potência nota-se que ambos os grupos de estudo (E<sub>1</sub> e E<sub>2</sub>) não apresentaram alterações significativas entre as condições pré e pós – alongamento, ao contrário do grupo C que registrou aumento significativo desta variável na comparação entre o pré e o pós – teste isocinético, conforme demonstrado pela tabela 2.

Tabela 2 – Valores absolutos obtidos nas avaliações pré e pós – alongamento das variáveis consideradas para o grupo muscular dos isquiotibiais.

Variável		Grupo E <sub>1</sub>	Grupo E <sub>2</sub>	Controle
ADM (graus)	Pré	78,1 ± 8,1	83,8 ± 12,7	79,2 ± 14,8
	Pós	82,1 ± 10,4	89,0 ± 11,7	78,5 ± 13,1
	Valor de p*	<b>0,008</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,494
Potência (Watts)	Pré	69,8 ± 26,7	78,7 ± 12,5	73,9 ± 15,9
	Pós	77,1 ± 23,7	77,8 ± 13,9	80,3 ± 18,5
	Valor de p*	0,159	0,779	<b>0,029</b>

Nota: (\*) Valor de p correspondente ao teste comparativo entre os valores das avaliações pré e pós-alongamento. Os valores destacados em **negrito** indicam significância estatística ( $p \leq 0,05$ ).

### 4.3 Resultados Intergrupos

Na comparação dos resultados obtidos para a variável ADM entre os 3 grupos nota-se que houve uma diferença significativa (aumento) da condição pré para a pós – teste, conforme demonstrado pela figura 22.

Nas comparações entre os grupos as únicas diferenças significativas foram as encontradas entre os grupos E<sub>1</sub> e C ( $p=0,007$ ) e entre E<sub>2</sub> e o C ( $p=0,01$ ), porém as diferenças encontradas entre o grupos E<sub>1</sub> e E<sub>2</sub> ( $p=0,397$ ) não se mostraram significativas.

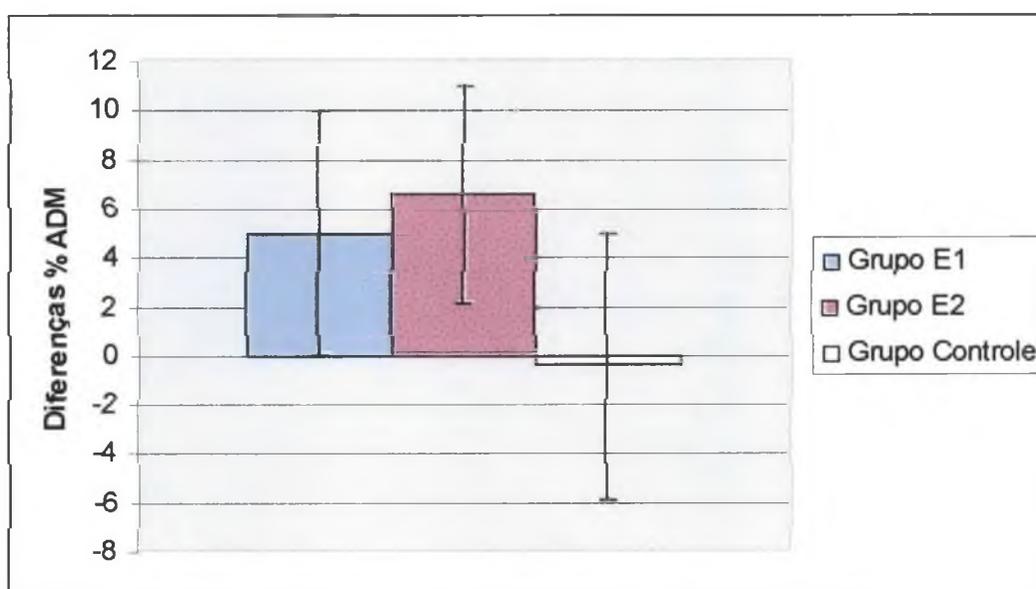


Figura 22 – Comparativo das diferenças percentuais das médias da variável ADM dos grupos E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> e Controle. Foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre os 3 grupos para esta variável ( $p = 0,001$ ).

Em relação à potência as diferenças percentuais oriundas da comparação dos resultados obtidos pelos 3 grupos avaliados (E<sub>1</sub> x E<sub>2</sub> x C) nas condições pré e pós – teste isocinético não apontou diferença significativa entre os grupos, conforme demonstra a Tabela 3.

Tabela 3 – Nível de significância da diferença percentual encontrada na comparação entre os 3 grupos nas condições de pré e pós – teste isocinético.

<b>Potência</b>	<b>Valor de <math>p</math> (comparação dos 3 grupos)</b>
<b>Pré</b>	0,534
<b>Diferença (%)</b>	0,274

## 5 DISCUSSÃO

Nesta seção são abordados primeiramente os dados antropométricos dos grupos e posteriormente os dados referentes às variáveis pesquisadas.

### 5.1 Dados Antropométricos

Os resultados oriundos dos dados antropométricos dos grupos E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> e C mostram que os grupos eram bastante homogêneos em relação à estatura, peso e IMC, além de estarem compreendidos dentro de uma faixa etária bastante similar.

Este controle foi realizado no presente trabalho em virtude do fato de que sujeitos que porventura apresentassem características antropométricas muito díspares em relação aos demais poderiam influenciar e comprometer a fidedignidade dos resultados das avaliações de força (WILMORE; COSTILL, 2001).

O tratamento estatístico empregado em relação aos dados antropométricos demonstrou que não houve diferenças significativas em relação às características morfológicas entre os grupos e que o processo de randomização dos sujeitos nos três grupos foi realizado adequadamente.

### 5.2 Dados da ADM e Potência

Em relação aos dados concernentes aos músculos isquiotibiais pode-se salientar que da mesma forma que em outros estudos da literatura observa-se aqui um aumento agudo significativo na amplitude de movimento articular nos grupos E<sub>1</sub> e E<sub>2</sub> que realizaram os protocolos de alongamento em relação ao grupo controle (KOKKONEN *et al.*, 1998; DECOSTER *et al.*, 2004; POWER *et al.*, 2004; ZAKAS *et al.*, 2006).

Sobre a ADM de flexão do quadril chama a atenção o fato de que embora tenha havido uma diferença significativa na comparação dos grupos de estudo (E<sub>1</sub> e E<sub>2</sub>) em relação ao controle (C), a diferença nesta variável encontrada entre E<sub>1</sub> e E<sub>2</sub> não se mostrou relevante, mesmo considerando que o volume do protocolo de alongamento E<sub>2</sub> era o dobro do E<sub>1</sub>. Esses resultados suportam como verdadeira a hipótese H<sub>1</sub>, na medida em que seria esperado que os dois protocolos de alongamento provocassem alterações significativas na ADM de flexão do quadril em

relação ao grupo controle em razão das alterações visco – elásticas que os efeitos agudos do alongamento geram na unidade músculo – tendínea (MAREK *et al.*, 2005). No entanto, os mesmos resultados negam a premissa expressa na hipótese H<sub>2</sub>, demonstrando que os volumes de alongamento pesquisados não apresentaram diferenças significativas sobre a ADM. Os dados encontrados no presente trabalho em relação à ADM concordam com os de outros estudos em que protocolos de alongamento da mesma técnica, porém com diferentes durações foram aplicados e não revelaram diferenças significativas no aumento da amplitude de movimento (ADM) provocadas pelas diferentes durações dos protocolos (ZAKAS, 2005; ZAKAS *et al.*, 2005; ZAKAS *et al.*, 2006).

Ainda sobre a variável ADM, concordando com os dados encontrados neste estudo, Taylor *et al.* (1990) reportam em seu estudo *in-vitro*, terem encontrado aumentos significativos no comprimento linear da unidade músculo – tendínea (UMT) até a quarta repetição do exercício, a partir da qual não mais foram notados ganhos expressivos no comprimento da UMT, dado este que, extrapolado para os protocolos pesquisados no presente estudo, corrobora a ineficiência do protocolo E<sub>2</sub> (8 repetições) em promover uma diferença significativa na ADM quando comparado com o protocolo E<sub>1</sub> (4 repetições). Sobre o comportamento da ADM para o grupo controle é possível suportar como verdadeira a hipótese H<sub>3</sub> que previa que, de fato, não ocorressem alterações significativas no nível de flexibilidade dos sujeitos que não realizaram nenhum protocolo de alongamento,

No que diz respeito à variável potência avaliada isocineticamente neste estudo, o aspecto que mais chama a atenção diz respeito ao fato não terem ocorrido alterações significativas no comportamento dos três grupos (E<sub>1</sub> x E<sub>2</sub> x C) entre as condições pré e pós – teste. Em outras palavras, as premissas expressas pelas hipóteses H<sub>4</sub> e H<sub>5</sub>, que previam, para os resultados intergrupos, a ocorrência de déficits na potência induzidos pelos efeitos agudos do alongamento não se confirmaram. Tais resultados divergem dos achados de outros estudos, tais como o de Marek *et al.* (2005), nos quais os autores reportam terem encontrado déficits significativos na potência muscular do quadríceps femoral após a execução de protocolos de alongamento realizados com as técnicas estática e FNP.

Mais do que isso, esperava-se que tais déficits na potência fossem relativamente maiores no protocolo mais longo de 360 segundos do que no protocolo de 180 segundos, no entanto, a diferença entre os volumes dos protocolos

comparados não se revelou suficiente a ponto de promover alterações no desempenho dos isquiotibiais dos sujeitos dos grupos E<sub>1</sub> e E<sub>2</sub> que pudessem comprometer de forma contundente a capacidade deste grupo muscular de gerar potência na segunda avaliação isocinética pós – alongamento.

Nesse sentido, há que se ressaltar os resultados obtidos pelo grupo controle individualmente (*resultados intragrupos*), tendo em vista que o grupo C foi o único que apresentou diferença significativa do pré para o pós – teste isocinético ( $p = 0,029$ ). Para o grupo C houve um aumento significativo na potência obtido pelos sujeitos deste grupo na segunda avaliação isocinética, umas das possíveis razões plausíveis para este comportamento inesperado e que inclusive rejeita a premissa expressa na hipótese H<sub>5</sub>, pode estar relacionada a um provável efeito de treinamento e aprendizagem motora proporcionados pela avaliação isocinética inicial que, infere-se, tenha influenciado positivamente o desempenho dos sujeitos na reavaliação (BEHM *et al.*, 2004; BEHM *et al.*, 2006; ENOKA, 1999).

De uma forma geral a confrontação dos resultados obtidos na presente pesquisa com os de outros estudos da literatura deve ser encarada criteriosamente, tendo em vista que na maior parte dos estudos que avaliaram a repercussão dos efeitos agudos do alongamento na potência muscular as avaliações isocinéticas empregadas para a estimação desta variável foram realizadas em velocidades angulares mais altas do que  $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ , como por exemplo no trabalho de Zakas *et al.* (2006) no qual os autores empregaram velocidades de  $210$  e  $270^{\circ}\cdot s^{-1}$  para avaliar a potência dos músculos do quadríceps e no trabalho de Marek *et al.* (2005) no qual a velocidade isocinética de  $300^{\circ}\cdot s^{-1}$  foi empregada também objetivando estimar a influência de protocolos de alongamento na potência do grupo extensor de joelho. Sendo esta uma diferença metodológica relevante no contexto da interpretação dos resultados do presente trabalho em comparação com trabalhos homólogos da literatura.

Os resultados obtidos na presente pesquisa permitem inferir que os volumes de alongamento de ambos os protocolos comparados (180 e 360 segundos) não foram capazes de ocasionar as alterações de natureza mecânica e proprioceptiva na unidade músculo – tendínea, citadas extensamente na literatura (Kokkonen *et al.*, 1998; Behm *et al.*, 2004; Marek *et al.*, 2005; Papadopoulos *et al.*, 2005; Behm *et al.*, 2006; Brandenburg, 2006; Zakas *et al.*, 2006) que fossem detectáveis e que pudessem ser traduzidas em termos de alterações significativas da potência

muscular do grupo isquiotibial quando testados na velocidade de deslocamento angular de  $60^{\circ}\text{s}^{-1}$ .

Inferese que protocolos de alongamento dos músculos isquiotibiais com volumes maiores pudessem provocar alterações mais contundentes tanto no nível de rigidez da UMT, quando em termos da ativação reflexa dos mecanorreceptores (especialmente o OTG) suficientemente capazes de alterar a capacidade ótima de geração de potência deste grupo muscular mesmo em baixas velocidades angulares.

## 6 CONCLUSÃO

O presente estudo objetivou analisar o efeito agudo da técnica de alongamento estático no desempenho isocinético de potência dos músculos isquiotibiais. Os resultados obtidos neste trabalho permitiram aceitar como verdadeiras apenas as hipóteses estabelecidas em relação o comportamento da amplitude de movimento dos grupos, porém refutaram as hipóteses a respeito da influência dos diferentes volumes dos protocolos de alongamento no desempenho de potência.

*Para a variável ADM de flexão do quadril, os resultados deste trabalho mostraram que houve independência entre os aumentos transitórios de flexibilidade articular dos grupos  $E_1$  e  $E_2$  e os resultados encontrados para a potência. Dessa forma, a variação na ADM não configura, por si só, um parâmetro consistente para inferir e / ou estimar possíveis alterações no mecanismo de produção de potência pela alavanca ósteo – mio – tendinosa produzidas pelos protocolos de alongamento comparados neste trabalho.*

Este resultado mostra que nem todas as variáveis biomecânicas são afetadas da mesma forma pelos protocolos de alongamento, como já observado em outros trabalhos da literatura (LAUR *et al.*, 2003; BEHM *et al.*, 2004; POWER *et al.*, 2004).

*Torna-se necessário avaliar o efeito do alongamento estático dos músculos isquiotibiais nas variáveis e nas velocidades angulares que mais se aproximem do gesto funcional e que sejam mais relevantes dependendo das peculiaridades da atividade física ou da modalidade esportiva em questão.*

Em uma perspectiva geral, os resultados gerados pelo presente trabalho visam fornecer sua parcela de contribuição para uma visão mais ampla a respeito dos efeitos agudos do alongamento estático na potência muscular por parte de inúmeros profissionais que atuam com prescrição de exercícios físicos seja em uma perspectiva de treinamento físico de alto rendimento, ou até mesmo com fins de reabilitação e alta funcional de pacientes – atletas.

*No entanto, cabe ressaltar que tais resultados devam ser considerados conjuntamente com os de outros trabalhos, sobretudo quando, a partir deles, se desejar reformular condutas de treinamento ou mesmo de terapia.*

Nesse contexto, devem ser também levadas em consideração as particularidades dos gestos motores a serem realizados pelo atleta, além de outros

fatores como a intensidade e a duração da prova, as capacidades musculares exigidas e também os aspectos psicológicos que envolvem esta prática culturalmente enraizada no âmbito desportivo. Tais ressalvas fazem-se relevantes afim de melhor equacionar os possíveis benefícios da inclusão dos exercícios de alongamento, desde que prescritos à luz de parâmetros científicos, nos protocolos de aquecimento pré – participativos minimizando assim as possibilidades de déficits indesejáveis na *performance* desportiva por ele induzidos.

Espera-se que as informações contidas neste trabalho possam auxiliar na melhor compreensão das alterações agudas que os exercícios de alongamento podem ocasionar na unidade músculo – tendínea, sobretudo em relação às alterações de natureza proprioceptiva e mecânica que ocorrem tanto no músculo, quanto no tendão como consequência da aplicação de protocolos de alongamento estático com diferentes volumes.

Outro ponto de destaque no presente trabalho refere-se à própria reprodutibilidade da estimação da potência muscular empregando o método da dinamometria isocinética mediante a aplicação de protocolos de avaliação em baixas velocidades angulares, já que este parece configurar um aspecto inquisitivo da presente pesquisa.

Autores interessados pelo tema devem considerar tais aspectos para que cada vez tenham-se informações mais consistentes e cientificamente respaldadas a respeito da relação custo – benefício que permeia a inclusão ou não de exercícios de alongamento como forma de aquecimento sob a prerrogativa da prevenção de lesões contrapondo-se com as repercussões de tais exercícios no que se refere ao desempenho de atletas de alto rendimento ou mesmo em protocolos de reabilitação em fase avançada dentro do contexto da Fisioterapia desportiva.

## REFERÊNCIAS

ACHOUR, Abdallah J. **Exercícios de alongamento: anatomia e fisiologia**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2006.

ACSM. **Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

ALTER, Michael J. **Ciência da Flexibilidade**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 1999.

BEHM, David G.; BAMBURY, A.; CAHILL, Farrell; POWER, Kevin. Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time and movement time. **Medicine & Science In Sports & Exercise**. v. 77, n. 5, p.1397-1402, 2004.

BEHM, David G.; BRADBURY, Erin E., HAYNES, Allison T. HODDER, Joanne N., LEONARD, Allison M., PADDOCK, Natasha R. Flexibility is not related to stretch-induced deficits in force or power. **Journal of Sports and Science Medicine**. v. 38, n.5, p.33-42, 2006.

BRANDENBURG, J.P. Duration of stretch does not influence the degree of force loss following static stretching. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v. 46, n.4, p. 526 – 534, 2006.

CALLEGARI-JACQUES, S.M. **Bioestatística. Princípios e Aplicações**. Porto Alegre: Artmed, 2003.

CORNWELL, A.; NELSON, A.G.; HEISE, G.D.; SIDAWAY, B. Acute effects of passive muscle stretching on vertical jump performance. **Journal of Human Movement Studies**. v.40, n.4, p.307 – 324, 2001.

CROSS, M.K.; WORRELL, T.W. Effects of a Static stretching program on the incidence of lower extremity musculotendinous strains. **Journal of Athletic Training**. v. 34, n. 1, p.11-14, 1999.

CYBEX NORM. **Manual de Uso – Sistema de Teste e Reabilitação - Instrucon – Indústria e Comércio de Produtos Científicos**, São Paulo, 1998.

DANTAS, Estélio H.M. **Alongamento e Flexionamento**. 5. ed. Rio de Janeiro: Shape, 2005.

DAVIS, Scott; ASHBY, Paul E.; McCALE, Kristi L.; McQUAIN, Jerry A.; WINE, Jaime M. The effectiveness of 3 stretching techniques on hamstring flexibility using consistent stretching parameters. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 19, n.1, p. 27 – 32, 2005.

DePINO, G.M.; WEBRIGHT, W.C.; ARNOLD, B.L. Duration of maintained hamstrings flexibility following cessation of an acute static stretching protocol. **Journal of Athletic Training**. v. 35, n. 5, p. 56 - 59, 2000.

DONATELLI, R. **Orthopedic physical therapy**. 3. ed. New York: Churchill Livingstone, 1994.

DVIR, Zeevi. **Isocinética: avaliações musculares, interpretações e aplicações clínicas**. São Paulo: Manole, 2002.

DECOSTER, L.C.; SCANLON, R.L.; HORN, K.D; CLELAND, J. Sating and Supine hamstring stretching are equally effective. **Journal of Athletic Training**. v. 39, n. 4, p. 330-334, 2004.

EKMAN, Laurie E. **Neurociência: fundamentos para a reabilitação**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

ENOKA, Roger M. **Bases neuromecânicas da cinesiologia**. 2. ed. São Paulo: Manole, 1999.

FOWLES, Jeromy R.; SALE, Donald G.; MacDOUGALL, Jonathan D. Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors. **Journal of Applied Physiology**. v. 89, n. 8, p. 1179 – 1188, 2000.

GHENA, D.R., KUTH, A.L., THOMAS, M. Torque characteristics of the quadriceps and hamstrings muscles during concentric and eccentric loading. **Journal of Orthopedic and Sports Physiotherapy**. v.14, n.3, p.149 – 154, 1991.

GROSS, J. **Exame musculoesquelético**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

GREGO NETO, A.; PREIS, Cássio. A valorização do treinamento muscular excêntrico na fisioterapia desportiva. **Fisioterapia em Movimento**. v. 18, n. 1, p.19 – 26, 2005.

GREGO NETO, A.; PREIS, Cássio; BITTENCOURT, Eduardo; MANFFRA, Elisangela F.; ISRAEL, Vera L. Análise da Influência do treinamento isocinético da musculatura plantiflexora no mecanismo flexor de joelho. **Fisioterapia em Movimento**. v.19, n. 2, p. 25 – 35, 2006.

GUIMARÃES NETO, W. **Musculação total: montagem de programas de treinamento**. Rio de Janeiro: Phorte Editora, 2002.

GUYTON, Arthur C.; HALL, John E. **Tratado de fisiologia médica**. 10. edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

HALAR, E.M.; BELL, K.R. **Alterações e efeitos fisiológicos e funcionais da inatividade nas funções corporais**. In: Tratado de Medicina de Reabilitação. São Paulo: Manole, 2002.

HALL, Susan J. **Biomecânica básica**. 4<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.

HAMIL, Joseph; KNUTZEN, Kathleen M. **Bases biomecânicas do movimento humano**. São Paulo: Manole, 1999.

HERZOG, W. Force enhancement following stretch of activated muscle: critical review and proposal for mechanisms. **Medical & Biological Engineering & Computing**. v.43, n. 5, p.173 – 180, 2005.

JÓZSA, L.; KANNUS, P. **Human tendons**. Champaign: Human Kinetics, 1997.

KALTENBORN, L. G. **Mobilização manual das articulações**. 5<sup>a</sup> ed. São Paulo: Manole, 2001.

KAPANDJI, A. I. **Fisiologia Articular**. 5. ed. vol. 2 São Paulo: Panamericana, 2000.

KOKKONEN, J.; NELSON, A.G; CORNWELL, A. Acute muscle stretching inhibits maximal strength performance. **Research Quarterly for Exercise and Sport**. v. 69, n. 4, p. 411 – 415, 1998.

KOTZAMANIDIS, Christos. Are the antagonist muscles fatigued during a fatigue task of agonist muscles?. **Isokinetics and Exercise Science**. v.32, n.12, p.167-171, 2004.

LAUR, D.J.; ANDERSON, T.; GEDDES, G.; CRANDALL, A.; PINCIVERO, D.M. The effects of acute stretching on hamstring muscle fatigue and perceived exertion. **Journal of Sports Sciences**. v. 21, n. 1, p. 163 – 170, 2003.

MAREK, Sarah M.; CRAMER, Joel T.; FINCHER, A. Louise; MASSEY, Laurie L.; DANGELMAIER, Suzanne M.; PURKAYASTHA, Sushmita; FITZ, Kristi A.; CULBERTSON, Julie Y. Acute Effects of Static and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on muscle Strength and Power Output. **Journal of Athletic Training**. v. 40, n. 2, p. 94 – 103, 2005.

McARDLE, William D.; KATCH, FRANK I.; KATCH, Victor L. **Fisiologia do Exercício: energia, nutrição e desempenho**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

MARINS, João C.; GIANNICHI, Ronaldo S. **Avaliação e prescrição de atividade física: guia prático**. 2. ed. Rio de Janeiro: Shape, 1998.

McNAIR, Paul; DEPLEDGE, J., BRETTKELLY, M., STALNLEY, S.N. Verbal encouragement: effects of maximum effort voluntary muscle activation. **British Journal of Sports Medicine**. v. 30, n. 6, p.243 – 245, 1996a.

McNAIR, Paul; STANLEY, Sidney N. Effect of passive stretching and jogging on the series elastic muscle stiffness and range of motion of the ankle joint. **British Journal of Sports Medicine**. v. 30, n. 4, p. 313 – 317, 1996b.

NELSON, R.T.; BANDY, W.D. Eccentric Training and static stretching improve hamstring flexibility of high school males. **Journal of Athletic Training**. v. 39, n. 3, p. 254-258, 2004.

PALASTANGA, Nigel. **Anatomia e movimento humano**. 3. ed. São Paulo: Manole, 2000.

PAPADOPOULOS, G, SIATRAS, Th., KELLIS, S. The effect of static and dynamic stretching exercises on the maximal isokinetic strength of the knee extensors and flexors. **Isokinetics and Exercise Science**. v.35, n.13, p.285-291, 2005.

PETERSON, L.; RENSTRÖN, P. **Sports injuries: their prevention and treatment**. USA: Human Kinetics, 1995.

POWER, K.; BEHM, D.; CAHILL, F.; CARROLL, M.; YOUNG, W. An acute bout of static stretching: effects on force and jumping performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 31, n. 4, p. 1351 – 1360, 2004.

PRENTICE, Willian E.; VOIGHT, Michael L. **Técnicas em reabilitação musculoesquelética**. Porto Alegre: Artmed, 2003.

PROSKE, U. Thixotropy in skeletal muscle and in muscle spindles: a review. **Progress in Neurobiology**. v. 41, p. 705 – 721, 1993.

PUTZ, R; PABST, R. **Sobotta: atlas de anatomia humana**. 21. ed. vol. 2. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

REID, D.C. **Sports injury assessment and rehabilitation**. New York: Churchill Livingstone, 1992.

SILVERTHORN, Dee U. **Fisiologia humana: uma abordagem integrada**. São Paulo: Manole, 2003.

SHRIER, Ian. Does stretching improve performance? A systematic and critical review of the literature. **Clinical Journal of Sport Medicine**. v.14, n.5, p.267 – 273, 2004.

SPERNOGA, S.G.; UHL, T.L.; ARNOLD, B.L.; GANSNEDER, B.M. 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.

STARKEY, Chad; RYAN, Jeff. **Avaliação de lesões ortopédicas e esportivas**. São Paulo: Manole, 2001.

STELL, R.G.D. **Principles and procedures of statistics. A biometrical approach**. New York: McGraw-Hill Companies, Inc, 1997.

TAYLOR, D.C. Viscoelastic properties of muscle-tendon units. **The American Journal of Sports Medicine**. v. 13, n. 3, p. 300 – 309, 1990.

THACKER, S.B.; GILCHRIST, J.; STROUP, D.F.; KIMSEY, D. The impact of stretching on sports injury risk: a systematic review of the literature. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 36, n. 3, p. 371 – 378, 2004.

THEIN, M. L. Mobility impairment. In: **Therapeutic exercise, moving toward function**. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 1999.

THRELKELD, A. J. The effects of manual therapy on connective tissue. **Physical Therapy**. v. 72, n. 12, p. 61 – 72, 1992.

WATKINS, J. **Estrutura e função do sistema esquelético**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

WILMORE, Jack H.; COSTILL, David L. **Fisiologia do esporte e do exercício**. São Paulo: Manole, 2001.

ZAKAS, A. The effect of stretching duration on the lower – extremity flexibility of adolescent soccer players. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**. v. 9, p. 220-225, 2005a.

ZAKAS, A.; BALASKA, P.; GRAMMATIKOPOULOU, M. G.; ZAKAS, N.; VERGOU, A. Acute effects of stretching duration on the range of motion of elderly women. **Journal of Applied Physiology**. v. 9, p. 270 – 276, 2005b.

ZAKAS, A.; DOGANIS, G.; PAPAKONSTANDINOY, V.; SENTELIDIS, T.; VAMVAKOUDIS, E. Acute effects of static stretching duration on isokinetic peak torque production of soccer players. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**. v. 10, p. 89 – 95, 2006.

ZULUAGA, Maria. **Sports physiotherapy: applied science and practice**. 3<sup>a</sup> ed. Melbourne (Austrália): Churchill Livingstone, 2000.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

EU \_\_\_\_\_,

RG Nº \_\_\_\_\_, estou sendo convidado a participar de um estudo denominado: "EFEITO AGUDO DO ALONGAMENTO ESTÁTICO NO DESEMPENHO DE POTÊNCIA DOS ISQUIOTIBIAIS", cujo objetivo é verificar de forma científica e fidedigna o nível de influência que diferentes protocolos de "exercícios de alongamento preparatórios" (técnica estática) exercem imediatamente sobre o desempenho da potência muscular máxima. Estou ciente de que este estudo terá duração de Março até Outubro de 2006, e será realizado no Centro de Dinamometria Isocinética da Clínica de Fisioterapia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) no período da manhã (entre as 8:00 e 12:00 hs).

Sei que para o avanço da pesquisa a participação de voluntários é de fundamental importância. Caso aceite participar desta pesquisa eu estarei plenamente ciente de que qualquer dúvida que eu possa vir a ter durante a pesquisa será prontamente sanada e esclarecida pelo pesquisador responsável, e que minha integridade física, mental, moral e social serão irrefutavelmente preservadas. Estou igualmente ciente de que serei plenamente esclarecido da relevância prática deste estudo e quiçá de seus resultados oportunamente se assim eu o desejar.

Declaro estar ciente de que, embora o teste isocinético (realizado no dinamômetro isocinético sob a supervisão direta do pesquisador) exija um esforço muscular significativo, este será realizado em conformidade com todos os rigores de segurança imprescindíveis à realização do teste especificados no Manual de Uso da CYBEX NORM (Sistemas de Teste e Reabilitação), fabricante do equipamento.

Estou ciente de que não deverei omitir nenhuma informação relevante e/ou quaisquer intercorrências de ordem majoritariamente física ou emocional do pesquisador principalmente no dia de minhas avaliações sob pena de prejudicar a idoneidade dos resultados do estudo.

Estou ciente de que minha privacidade será respeitada, ou seja, meu nome, ou qualquer outro dado confidencial, será mantido em sigilo. A elaboração final dos dados será feita de maneira codificada, respeitando o imperativo ético da confidencialidade.

Estou ciente de que posso me recusar a participar do estudo, ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, nem sofrer qualquer dano.

O pesquisador envolvido com o referido projeto é, Anselmo Grego Neto, fisioterapeuta (CREFITO 59562 – F) com quem poderei manter contacto pelo telefone: (41) 9903-0743.

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

*Li, portanto, este termo, fui orientado quanto ao teor da pesquisa acima mencionada e compreendi a natureza e o objetivo do estudo do qual fui convidado a participar. Concordo, voluntariamente em participar desta pesquisa, sabendo que não receberei nem pagarei nenhum valor econômico por minha participação.*

---

Assinatura do sujeito de pesquisa

---

Assinatura do pesquisador

Curitiba, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2006.

**ANEXOS**

## ANEXO A – CARTA DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA PUCPR



Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

Curitiba, 24 de novembro de 2005.  
Of. 537/05/CEP-PUCPR

**Ref. "Análise isocinética do efeito imediato de diferentes formas de alongamento muscular sobre o desempenho da força máxima"**

Prezado (a) Pesquisador

Venho por meio deste, informar a Vossa Senhoria que o Comitê de Ética em Pesquisa da PUCPR, no dia 23 de novembro do corrente ano aprovou o Projeto intitulado "**Análise isocinética do efeito imediato de diferentes formas de alongamento muscular sobre o desempenho da força máxima**" pertencente ao Grupo III, sob o registro no CEP nº 902 e será encaminhado a CONEP para o devido cadastro. Lembro ao senhor (a) pesquisador (a) que é obrigatório encaminhar relatório anual parcial e relatório final a este CEP.

Atenciosamente,

  
Prof.ª M. Sc Ana Cristina Miguez Ribeiro  
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa - PUCPR

Ilmo Sr  
Anselmo Grego Neto

## ANEXO B – LAUDO ISOCINÉTICO DE AVALIAÇÃO DE JOELHO (MÚSCULOS QUADRÍCEPS E ISQUIOTIBIAIS)

