

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EM SAÚDE**

JOÃO PEDRO BATISTA JÚNIOR

**EFEITO AGUDO DE DOIS PROTOCOLOS DE ALONGAMENTO POR FNP NO
DESEMPENHO MUSCULAR**

**CURITIBA
2010**

JOÃO PEDRO BATISTA JÚNIOR

**EFEITO AGUDO DE DOIS PROTOCOLOS DE ALONGAMENTO POR FNP NO
DESEMPENHO MUSCULAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia em Saúde da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Elisangela Ferretti Manffra

Co-Orientadora: Prof^a. Dr^a. Auristela Duarte de Lima Moser

CURITIBA

2010



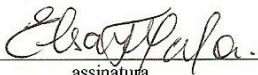
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EM SAÚDE
DA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

DEFESA DE DISSERTAÇÃO Nº 114

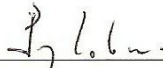
Aos 26 de setembro de 2009 realizou-se a sessão pública de defesa da dissertação “**Efeito Agudo de dois Protocolos de Alongamento por FNP no Desempenho Muscular**”, apresentada por **João Pedro Batista Júnior** como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia em Saúde – Área de Concentração – Bioengenharia perante uma Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

Profª. Drª. Elisangela Ferretti Manffra,
PUCPR (Orientadora)


assinatura

APROVADO
parecer (aprov/ reprov.)

Prof. Dr. Percy Nohama,
PUCPR


assinatura

APROVADO

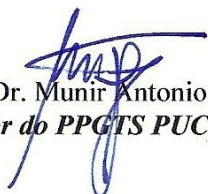
Profª. Drª. Anna Raquel Silveira Gomes,
UFPR/Litoral

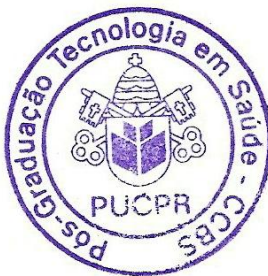

assinatura

aprovado

Conforme as normas regimentais do PPGTS e da PUCPR, o trabalho apresentado foi considerado aprovado (aprovado/reprovado), segundo avaliação da maioria dos membros desta Banca Examinadora. Este resultado está condicionado ao cumprimento integral das solicitações da Banca Examinadora registradas no Livro de Defesas do Programa.

Prof. Dr. Munir Antonio Gariba,
Diretor do PPGTS PUCPR





Dedico este trabalho aos meus pais que foram meus primeiros Mestres.
Aos meus irmãos Mariana e Victor com quem tenho lições de vida todos os dias.
Aos meus amigos-irmãos pela presença e alegrias compartilhadas.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus pelo dom da vida, da perseverança, da sabedoria e do amor.

Agradeço aos meus pais, João Pedro e Maria de Fátima, e aos meus irmãos, Mariana e Victor, por estarem ao meu lado nos momentos difíceis e alegres durante este trabalho e em toda minha vida. Sem o amor de vocês não conseguiria realizar este sonho.

Agradeço com carinho à minha orientadora Prof^a Dr^a. Elisangela Ferreti Manffra que me orientou em minhas decisões e acreditou que eu poderia chegar até o fim. Agradeço por me ajudar a ser mais crítico, por me tornar um pesquisador. Danke schön!

Agradeço à querida professora e co-orientadora Dr^a. Auristela Duarte de Lima Moser e ao meu amigo e professor MSc. Cloves de Amissis Amorim por me ensinarem as primeiras palavras do vocabulário científico e me ajudarem direta e indiretamente a concretizar este sonho de ser Mestre.

Agradeço pela colaboração inestimável do Prof. MSc. Cássio Preiss, dos colegas Paulo e Rossano, e de todos os voluntários que participaram desta pesquisa, assim como pela ajuda e força de meus amigos Adrianis e Donizete e de meus colegas-mestres Karin, Dielise, Eduardo, Ericson e Anselmo.

Agradeço à Bárbara, que ao meu lado me deu forças, cresceu comigo e com carinho me ajudou quando mais precisei.

Agradeço à todos que, direta ou indiretamente, cruzaram meu caminho nesta jornada, deixando um pouco de si e levando um pouco de mim.

"Quem, de três milênios, não é capaz de se dar conta, vive na ignorância, na sombra, à mercê dos dias, do tempo." (Johann Wolfgang von Goethe)

RESUMO

Os exercícios de alongamento são comumente utilizados como parte do aquecimento antes de uma atividade física. Porém, sob algumas condições, estudos têm demonstrado que o alongamento pode provocar déficits imediatos (ou agudos) no desempenho muscular. Alguns autores sugerem que o tipo e a duração dos protocolos de alongamento tem um papel determinante nos efeitos provocados pelos mesmos na força muscular máxima e na rigidez músculo-tendínea. Neste sentido, o objetivo deste estudo é comparar os efeitos agudos de dois protocolos de alongamento por facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP), com duração de 120s e 240s, a fim de compreender suas influências no desempenho muscular máximo e na rigidez músculo-tendínea dos músculos semitendinoso (St) e bíceps femoral (Bf). Foram avaliados 42 voluntários praticantes de atividade física regular, que foram divididos aleatoriamente em três grupos FNP1 (n=14), FNP2 (n=14) e controle (n=15). Os voluntários foram submetidos a avaliações de amplitude de movimento (ADM), torque passivo, ativo e eletromiografia antes e após o alongamento. Os protocolos de alongamento foram constituídos de 4 repetições de 30s (grupo FNP1) e 8 repetições de 30s (grupo FNP2) com 30s de repouso entre cada repetição. O grupo controle foi mantido em repouso por 4 minutos entre as avaliações inicial e final. Os protocolos curto e longo de alongamento causaram aumento significativo da ADM de 6,1% e 13%, respectivamente. A rigidez músculo-tendínea (obtida a partir do torque passivo), o pico de torque, o trabalho máximo e o valor RMS do sinal eletromiográfico não sofreram alterações significativas após o alongamento. O aumento na ADM sem diminuição na rigidez músculo-tendínea sugere que tenha havido o aumento da tolerância ao alongamento. A ausência de alterações no desempenho muscular mostra que estes protocolos não comprometeram a capacidade de produção de força destes grupos musculares. As possíveis razões para isso são a duração insuficiente dos protocolos combinada com as características da amostra, composta por indivíduos que praticavam atividade de alongamento regularmente.

Palavras chave: Exercícios de Alongamento Muscular, Tecido Elástico, Torque, Eletromiografia.

ABSTRACT

Stretching exercises are usually part of warming-up procedures before physical activity. However under certain conditions, recent studies have demonstrated that stretching exercises may cause immediate (or acute) deficits on the muscle performance. Some researchers suggest that of stretching duration and type play an important role on their effects on maximal muscle strength, as well as on the muscle-tendinous stiffness. In this way, the aim of this study is to compare the acute effects of two proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) stretching protocols lasting 120s and 240s in order to understand their influence on the maximal muscle performance and muscle-tendinous stiffness of semitendineous (St) and biceps femoris (Bf) muscles. Forty two physically active male volunteers took part in this study and were randomly divided into three groups FNP1 (n=14), FNP2 (n=14) and control (n=15). The volunteers were submitted to range of motion (ROM), passive and active torque, and electromyography evaluations before and after stretching. Stretching protocols consisted of four 30s repetitions (group FNP1) and eight 30s repetitions (group FNP2) with a rest interval of 30s between each repetition. The control group remained resting during four minutes between the two evaluations. The short and long stretching protocols caused significant increase of 6,1% and 13% on ROM respectively. No significant changes occurred on muscle-tendinous stiffness (obtained from passive torque evaluation), peak torque, maximal work and RMS value. The increase on ROM without decrease on muscle tendinous stiffness suggests an increased stretch tolerance. The absence of changes on muscle performance demonstrated that the stretching protocols are unable to influence the force production capability of these muscle groups. The possible reason for this is the short duration of stretching protocols combined with sample characteristics composed with regular stretching practitioners.

Key-words: Muscle Stretching Exercises, Elastic Tissue, Torque, Electromyography

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Histórico da prática de alongamento dos músculos isquiotibiais dos voluntários.	85
Tabela 2 - Atividades esportivas e a quantidade de voluntários praticantes destas atividades, dividido por grupo.....	86
Tabela 3 - Quantidade de voluntários e a frequência semanal da prática de atividade física destes voluntários.....	86
Tabela 4 - Dados antropométricos e pico de torque dos voluntários em seus respectivos grupos (média dos valores e desvio padrão).....	87
Tabela 5 – Valores obtidos nas avaliações pré e pós-alongamento durante o teste do torque passivo.....	88
Tabela 6 – Valores obtidos nas avaliações pré e pós-alongamento para as variáveis adquiridas na avaliação do torque ativo e da atividade eletromiográfica.....	91
Tabela 7 – Total de ocorrências da repetição máxima em cada repetição durante as avaliações pré e pós-alongamento para cada variável e grupo.....	96

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACSM - “American College of Sports Medicine” (Colégio Americano de Medicina Esportiva)

ADM - amplitude de movimento

FNP - facilitação neuromuscular proprioceptiva

PT - pico de torque

TM - trabalho máximo

EMG - eletromiografia de superfície

RMS - “Root Mean Square” (raiz da média dos quadrados)

MPC - movimento passivo contínuo

RM - rigidez músculo-tendínea

OTG - órgão tendíneo de Golgi

AST - área de secção transversa

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vias neurais responsáveis pela ativação do mecanismo de inibição autogênica durante a contração muscular.....	27
Figura 2 – Vias neurais responsáveis pela ativação do mecanismo inibitório recíproco durante a contração do músculo oposto.....	28
Figura 3 – Torque passivo - Curva ângulo-torque obtida por um dinamômetro isocinético durante o teste de torque passivo. A parte cinza indica a região da curva utilizada para estimar a rigidez muscular (inclinação).....	37
Figura 4 - Fluxograma com a seqüência dos procedimentos experimentais durante a avaliação inicial e os intervalos de tempo entre cada procedimento.....	55
Figura 5 - Voluntário realizando o aquecimento sistêmico na bicicleta ergométrica.....	56
Figura 6 - Posicionamento do voluntário em decúbito ventral na cadeira do dinamômetro isocinético. As setas brancas indicam a direção do movimento de extensão e flexão determinadas para o teste (FLX = Flexão; EXT = Extensão).....	58
Figura 7 - Fluxograma com a descrição dos procedimentos metodológicos e os tempos de intervalo estimados para a realização da coleta dos dados na avaliação do torque passivo.....	59
Figura 8 - Posicionamento inicial para a avaliação da ADM da articulação do joelho, suporte de altura regulável e local de fixação do flexímetro.....	61
Figura 9 - Posição final de extensão do joelho na avaliação da ADM.....	62
Figura 10 - Posicionamento e fixação do eletrogoniômetro adaptado na joelheira. As hastes distal e proximal do eletrogoniômetro eram fixadas com fita adesiva em torno da coxa e da perna, respectivamente.....	63
Figura 11 - Posicionamento e fixação do membro inferior a ser submetido ao teste do torque passivo. A linha em vermelho indica o alinhamento dos eixos biológico e mecânico.....	64
Figura 12 - Posicionamento antes do início do teste do torque passivo.....	66

Figura 13 - Posição do voluntário durante o teste do torque passivo. A seta branca indica o sentido do movimento do braço de alavanca durante o teste.....	67
Figura 14 - Protocolos de alongamento por FNP utilizados em cada grupo e grupo Controle.....	68
Figura 15 - Posicionamento e sentido (seta branca) da execução do alongamento por FNP nos músculos isquiotibiais.....	68
Figura 16 - Fluxograma com a descrição dos procedimentos metodológicos e os tempos de intervalo estimados para a realização da coleta dos dados no segundo dia.....	71
Figura 17 - Averiguação da posição dos músculos semitendinoso (à esquerda) e bíceps femoral (à direita) após a realização da tricotomia.....	72
Figura 18 - Posicionamento dos eletrodos e fixação dos cabos com fita adesiva. A faixa de Velcro® utilizada na avaliação isocinética também foi utilizada como meio de fixação dos cabos.....	73
Figura 19 - Cabo conectado na saída auxiliar do dinamômetro isocinético de onde foram obtidos os sinais de torque.....	75
Figura 20 - Posição da chave em relação ao braço de alavanca antes do início do teste (seta vermelha - foto lado esquerdo) e a disposição da chave próxima do braço de alavanca do dinamômetro (seta vermelha – foto lado direito).....	76
Figura 21 – Sistema de aquisição desenvolvido para coletar os sinais.....	78
Figura 22 - Sinais do teste do torque passivo - De cima para baixo: curva do torque, ângulo articular e sinal de sincronização (chave) obtidos durante a avaliação do torque passivo.....	79
Figura 23 - Sinais do teste do torque ativo - Em sentido horário: Curvas de torque da extensão (maiores) e flexão (menores) do joelho, ângulo do movimento e sinal eletromiográfico (Bf-bíceps femoral e St- semitendinoso) durante a avaliação isocinética.....	81
Figura 24 - Curvas oriundas do cálculo da razão da mudança no torque passivo em relação à mudança na posição angular.....	81
Figura 25 - Variáveis a serem analisadas no estudo. Todas as variáveis deste estudo foram obtidas para os músculos isquiotibiais.....	83
Figura 26 – Valores médios das diferenças relativas da variável ADM	

dos grupos FNP1, FNP2 e Controle com seus respectivos desvios padrão.....	88
Figura 27 – Valores médios das diferenças relativas da variável RMP	
dos grupos FNP1, FNP2 e Controle com seus respectivos desvios-padrão.....	90
Figura 28 – Valores médios das diferenças relativas da variável ADM	
dos grupos FNP1, FNP2 e Controle com seus respectivos desvios-padrão.....	92
Figura 29 – Valores médios das diferenças relativas da variável PT	
dos grupos FNP1, FNP2 e Controle com seus respectivos desvios-padrão.....	93
Figura 30 – Valores médios das diferenças relativas da variável TM	
dos grupos FNP1, FNP2 e Controle com seus respectivos desvios-padrão.....	94
Figura 31 – Valores médios das diferenças relativas da variável RMS Bf	
dos grupos FNP1, FNP2 e Controle com seus respectivos desvios-padrão.....	95
Figura 32 – Valores médios das diferenças relativas da variável RMS St	
dos grupos FNP1, FNP2 e Controle com seus respectivos desvios-padrão.....	96

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 OBJETIVOS.....	21
1.2 HIPÓTESES.....	21
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	23
2.1 AS TÉCNICAS DE ALONGAMENTO.....	23
2.2 O ALONGAMENTO POR FACILITAÇÃO NEUROMUSCULAR PROPRIOCEPTIVA (FNP).....	25
2.3 EFEITOS DOS EXERCÍCIOS DE ALONGAMENTO.....	30
2.3.1 Efeitos dos Exercícios de Alongamento na Amplitude de Movimento (ADM).....	30
2.3.2 Efeitos dos Exercícios de Alongamento na Rigidez Músculo-Tendínea.....	36
2.3.3 Efeitos dos Exercícios de Alongamento no Desempenho Muscular.....	41
2.3.4 Efeitos do Alongamento nas Propriedades Mecânicas do Desempenho Muscular.....	42
2.3.5 Efeitos do Alongamento nas Propriedades Neurais do Desempenho Muscular.....	44
2.3.6 Efeitos Agudos dos Protocolos de Alongamento no Desempenho Muscular.....	46
2.3.7 Efeitos Crônicos dos Exercícios de Alongamento no Desempenho Muscular.....	50
2.3.8 Efeitos dos Exercícios de Alongamento em Diferentes Atividades de Desempenho Muscular.....	51
3 METODOLOGIA.....	53
3.1 POPULAÇÃO.....	53
3.2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS.....	54
3.2.1 Procedimentos para a Avaliação Inicial.....	54
3.2.1.1 Aquecimento Sistêmico.....	55
3.2.1.2 Aquecimento Específico (Familiarização).....	56
3.2.1.3 Avaliação Isocinética.....	57

3.2.2 Procedimentos para Avaliação do Torque Passivo	58
3.2.2.1 Aquecimento Sistêmico	59
3.2.2.2 Avaliação da ADM	59
3.2.2.3 Teste do Torque Passivo	62
3.2.2.4 Procedimentos para a Aplicação dos Protocolos de Alongamento	67
3.2.3 Procedimentos para a Avaliação do Torque Ativo e Atividade Eletromiográfica	70
3.2.3.1 Aquecimento Sistêmico	72
3.2.3.2 Avaliação da ADM	72
3.2.3.3 Preparação dos Voluntários para a Avaliação do Torque Ativo e Eletromiográfico	72
3.2.3.4 Avaliação Isocinética e Eletromiográfica	73
3.2.3.5 Procedimentos para a Aplicação dos Protocolos de Alongamento	74
3.3 AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DOS SINAIS	74
3.3.1 Seleção e Processamento dos Sinais Adquiridos na Avaliação do Torque Passivo	79
3.3.2 Seleção e Processamento dos Sinais Adquiridos na Avaliação do Torque Ativo e Eletromiográfica	81
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS	82
4 RESULTADOS	84
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	84
4.2 AVALIAÇÃO INICIAL	86
4.3 AVALIAÇÃO DO TORQUE PASSIVO	87
4.3.1 Amplitude de Movimento (ADM)	88
4.3.2 Rigidez Muscular Passiva (RMP)	89
4.4 AVALIAÇÃO DO TORQUE ATIVO E DA ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA	90
4.4.1 Amplitude de Movimento (ADM)	91
4.4.2 Pico de Torque (PT) e Trabalho Máximo (TM)	92
4.4.3 Valor RMS dos Músculos Bíceps Femoral (RMS Bf) e Semitendinoso (RMS St)	94
4.4.4 Repetição Máxima (RM)	96
5 DISCUSSÃO	97
5.1 AVALIAÇÃO DO TORQUE PASSIVO	97

5.1.1 Amplitude de Movimento (ADM).....	97
5.1.2 Rigidez Muscular Passiva (RMP).....	98
5.2 AVALIAÇÃO DO TORQUE ATIVO E ELETROMIOGRÁFICA.....	101
5.2.1 Amplitude de Movimento (ADM).....	101
5.2.2 Pico de Torque (PT) e Trabalho Máximo (TM).....	102
5.2.3 Valor RMS dos Músculos Bíceps Femoral (RMS Bf) e Semitendinoso (RMS St).....	106
5.2.4 Repetição Máxima.....	109
5.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	110
6 CONCLUSÕES.....	112
REFERÊNCIAS.....	113
APÊNDICES.....	126
ANEXOS.....	137

1 INTRODUÇÃO

Geralmente os exercícios de alongamento são praticados no preparo músculo-articular durante a fase de aquecimento que antecede à prática de atividade física (MAREK *et al.*, 2005; SHARMAN *et al.*, 2006; ZAKAS *et al.*, 2006a). Por meio deste aquecimento, há uma melhora no desempenho biomecânico (ENOKA, 2000) ou até mesmo uma redução dos riscos de lesões musculares (SHRIER, 2005).

Algumas questões são levantadas na literatura científica a respeito do desempenho biomecânico após os exercícios de alongamento (SHRIER, 2004; RUBINI *et al.*, 2007), contudo, já se sabe que, para evitar lesões, os alongamentos devem ser realizados de forma regular e não imediatamente antes da atividade física (WITVROUW *et al.*, 2004; SHRIER, 2005).

Entre os exercícios de alongamento mais comuns estão o alongamento do tipo estático, balístico e por facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP) (ALTER, 1999; SHRIER e GOSSAL, 2000; ROSÁRIO *et al.*, 2004; DAVIS *et al.*, 2005). A técnica de alongamento por FNP é a que proporciona melhores ganhos imediatos na ADM em comparação às outras técnicas (SHARMAN *et al.*, 2006). No entanto, ainda não estão definidos quais os mecanismos responsáveis pela superioridade desta técnica em relação às outras (SHARMAN *et al.*, 2006).

Alguns estudos verificaram os efeitos imediatos (ou agudos) da técnica de alongamento estática na amplitude de movimento (ADM) e no desempenho muscular (KOKKONEN *et al.*, 1998; 2005; AVELA *et al.*, 1999; 2004; FOWLES *et al.*, 2000; CRAMER *et al.*, 2004; 2005; 2007; MAREK *et al.*, 2005; BEHM *et al.*, 2006; BRANDENBURG, 2006; HERDA *et al.*, 2008; GREGO NETO e MANFFRA, 2009), contudo poucas pesquisas foram encontradas avaliando estes efeitos utilizando a técnica por FNP (DAVIS *et al.*, 2005; MAREK *et al.*, 2005; MELLO *et al.*, 2005; RUBINI *et al.*, 2005; SHARMAN *et al.*, 2006).

Sob algumas condições, déficits no desempenho muscular têm sido encontrados como resultado de pesquisas sobre os efeitos imediatos (ou agudos) do exercício de alongamento (KOKKONEN *et al.*, 1998; 2005; AVELA *et al.*, 1999; 2004; FOWLES *et al.*, 2000; CRAMER *et al.*, 2004; 2005; 2007; MAREK *et al.*, 2005; GREGO

NETO e MANFFRA, 2009). Esses estudos apresentaram diferenças entre os protocolos de alongamento utilizados e seus efeitos.

Não são conhecidas as razões que possam causar tais déficits, contudo, as diferenças nos protocolos de alongamento utilizados nas pesquisas citadas parecem possuir um papel determinante nos efeitos sobre a ADM e sobre o desempenho muscular máximo (BRANDENBURG, 2006; GREGO NETO e MANFFRA, 2009)

Os déficits agudos no desempenho muscular são relacionados à alterações nas propriedades neurais e mecânicas do sistema neuro-músculo-tendíneo (KOKKONEN *et al.*, 1998; CRAMER *et al.* 2004; 2007; SHRIER, 2004; MAREK *et al.*, 2005; ZAKAS *et al.*, 2006a; RUBINI *et al.*, 2007).

As possíveis alterações neurais são descritas como uma diminuição imediata na resposta proprioceptiva e na ativação das unidades motoras do sistema neuromuscular após os exercícios de alongamento, reduzindo desta forma a atividade neuromuscular como um todo (AVELA *et al.*, 1999; 2004; GAJDOSIK, 2001; GUISSARD *et al.*, 2001; MAREK *et al.*, 2005; CRAMER *et al.*, 2007). Estas alterações foram determinadas em relação aos déficits na amplitude do sinal eletromiográfico (EMG) encontrados nestes estudos.

Ao avaliarem a ativação neural durante contrações musculares máximas, Marek *et al.* (2005) e Cramer *et al.* (2005; 2007), observaram déficits agudos significativos no sinal EMG após uma série de alongamentos estáticos e por FNP. Nestes mesmos estudos obtiveram o aumento da ADM como resposta à estas técnicas. No entanto, Ryan *et al.* (2008) e Herda *et al.* (2008), não observaram déficits na amplitude do sinal EMG, apesar constatarem o aumento na ADM após uma série de alongamentos estáticos.

O aumento da ADM obtido pelos autores citados é também relacionado com o efeito dos exercícios de alongamento nas propriedades mecânicas, correspondendo à mudanças na rigidez músculo-tendínea (MAGNUSSON *et al.*, 1996a).

As adaptações mecânicas são observadas após a manutenção do alongamento por um determinado período de tempo, apresentando um declínio na rigidez músculo-tendínea (chamado de relaxamento da tensão viscoelástica), proporcionando o aumento da ADM (McHUGH *et al.*, 1992; MAGNUSSON *et al.*, 1996a).

A diminuição da rigidez muscular também ocorre após a execução do alongamento por FNP (MAGNUSSON *et al.*, 1996b). Entretanto, outro efeito deste

alongamento, chamado de tolerância ao alongamento, parece fazer parte do processo que proporciona melhores ganhos na ADM utilizando esta técnica (MAGNUSSON, *et al.*, 1996b; SHRIER e GOSSAL, 2000). Este efeito pode estar ligado ao aumento do limiar dos receptores da dor (MAGNUSSON, *et al.*, 1996b).

O aumento dos níveis de tolerância ao alongamento é observado como resultado do alongamento por FNP por meio do maior alcance da ADM e pelo maior pico de torque passivo máximo, obtidos durante a avaliação do torque passivo (MAGNUSSON, 1998).

A avaliação do torque passivo foi utilizada em alguns estudos no sentido de investigarem os níveis de rigidez músculo-tendínea (MAGNUSSON, *et al.* 1996b; 1996c; NORDEZ *et al.*, 2006; BLACKBURN *et al.*, 2004; 2008), além de analisarem outras informações sobre as propriedades mecânicas da unidade músculo-tendínea (MAGNUSSON, 1998).

O efeito positivo de aumentar a ADM não é o mesmo atribuído às propriedades mecânicas quando o desempenho muscular é avaliado após os exercícios de alongamento (MAREK *et al.*, 2005).

Muitos autores sugerem que a relação força-comprimento é imediatamente comprometida se a unidade músculo-tendínea for submetida aos exercícios de alongamento (KOKKONEN *et al.*, 1998; 2005; FOWLES *et al.*, 2000; CRAMER *et al.*, 2004; 2005; 2007; MAREK *et al.*, 2005; MELLO *et al.*, 2005; RUBINI *et al.*, 2005; GREGO NETO e MANFFRA, 2009). Segundo estes autores, o mecanismo de diminuição da rigidez músculo-tendínea pode ser o fator responsável pelo chamado déficit de força induzido pelo alongamento. Desta forma, uma unidade músculo-tendínea menos rígida seria incapaz de transmitir força à alavanca músculo-articular com sua eficiência máxima (KOKKONEN *et al.*, 1998; PROSKE *et al.*, 1987 apud KUBO *et al.*, 2001a; BOJSEN-MOLLER *et al.*, 2005).

Esta constatação pôde ser observada nos estudos de Mello *et al.* (2005) e Rubini *et al.* (2005), onde, ao avaliarem os efeitos agudos do alongamento por FNP no desempenho muscular isométrico (RUBINI *et al.*, 2005) e isocinético (MELLO *et al.*, 2005), encontraram déficits entre 10% e 12% na força isométrica e entre 4% e 11% no desempenho isocinético de joelho.

Resultados semelhantes também foram obtidos por Marek *et al.* (2005) e Grego Neto e Manffra (2009), ao observarem déficits agudos significativos no pico

de torque isocinético após a aplicação da técnica de alongamento estático (MAREK *et al.*, 2005; GREGO NETO e MANFFRA, 2009) e por FNP (MAREK *et al.*, 2005).

Nas avaliações do desempenho muscular isocinético, a análise da curva de torque é comumente realizada apenas na melhor curva de torque (MAREK *et al.*, 2005; CRAMER *et al.*, 2005; 2007; GREGO NETO e MANFFRA, 2009).

De acordo com Grego Neto e Manffra (2009), investigar apenas o melhor valor de pico de torque pode significar a exclusão de um fator de dissipação do efeito agudo do alongamento no decorrer das repetições da avaliação. Para verificar o real efeito agudo do alongamento no desempenho muscular, estes autores sugerem que deve-se analisar em qual das curvas o pico de torque estaria acontecendo e, com isso, averiguar se estaria acontecendo a dissipação do efeito do alongamento.

Os resultados dos estudos citados, no entanto, contradizem algumas pesquisas que não encontraram déficits agudos no desempenho muscular (MUIR *et al.*, 1999; ZAKAS *et al.*, 2006a; RYAN *et al.*, 2008).

Muir *et al.* (1999) verificaram que um protocolo de alongamento estático de 4 repetições e 30s de duração em cada repetição, não causou alteração no desempenho muscular isocinético dos músculos flexores do tornozelo. Resultado semelhante foi observado por Zakas *et al.* (2006a) e Ryan *et al.* (2008) que não observaram efeitos negativos no desempenho isocinético utilizando o alongamento estático. Os protocolos utilizados nas pesquisas de Zakas *et al.* (2006a) e Ryan *et al.* (2008) foram 1 repetição de 30s e 4,8 e 16 repetições de 30s, respectivamente. Tais protocolos de alongamento parecem ser determinantes na magnitude do pico de torque isocinético e na amplitude do sinal EMG, sendo estas avaliações consideradas boas preditoras das propriedades mecânicas e neurais durante os exercícios de desempenho máximo (FOWLES *et al.*, 2000; DVIR, 2002; MAREK *et al.*, 2005; ZAKAS *et al.*, 2006a; RYAN *et al.*, 2008).

A maioria das pesquisas relacionadas aos efeitos agudos do alongamento não utilizaram protocolos que se aproximassem da realidade de atletas e profissionais da reabilitação. É perceptível a carência de dados na literatura científica a respeito dos protocolos de alongamento por FNP e seus efeitos em avaliações específicas da unidade neuro-músculo-tendínea.

Neste sentido, o presente estudo apresenta uma abordagem utilizando dois diferentes protocolos de alongamento por FNP, com a finalidade de contribuir para o

entendimento dos efeitos agudos do alongamento nas propriedades neurais e mecânicas relacionadas ao desempenho da força muscular máxima e à rigidez músculo-tendínea.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi comparar os efeitos agudos de protocolos de alongamento por FNP com duas durações (2min e 4min) no desempenho dos músculos semitendinoso (St) e bíceps femoral (BF).

Os objetivos específicos são:

- Avaliar a efetividade dos dois protocolos de alongamento por FNP na amplitude de movimento;
- Determinar os efeitos dos dois protocolos de alongamento por FNP na rigidez músculo-tendínea;
- Identificar as características do efeito agudo dos dois protocolos de alongamento por FNP no pico de torque e trabalho máximo isocinéticos;
- Identificar a influência dos dois protocolos de alongamento por FNP na atividade neural durante a contração muscular isocinética.

1.2 HIPÓTESES

Para orientar os procedimentos deste trabalho e a discussão dos resultados, as seguintes hipóteses foram formuladas:

H1 – Ambos os protocolos de alongamento por FNP causam aumento significativo na amplitude de movimento do joelho (ADM), contudo, o protocolo de alongamento constituído de 4min causará maior aumento da ADM do que o protocolo com tempo total de 2min.

H2 – O protocolo de alongamento por FNP de 4min causa maior diminuição na rigidez passiva dos músculos flexores do joelho que o protocolo de 2min.

H3 – A variável isocinética pico de torque sofrerá maior diminuição após o protocolo de alongamento de 4min em comparação com o protocolo de 2min, porém não ocorrerão alterações significativas na variável trabalho máximo.

H4 – Ambos os protocolos de alongamento por FNP causarão déficits na amplitude do sinal eletromiográfico ao longo da curva ângulo-torque, porém, o protocolo de 4min causará maiores déficits em comparação com o protocolo de 2min.

H5 – Os dois protocolos de alongamento por FNP irão aumentar a frequência de ocorrência da melhor curva para a terceira repetição em relação à variável pico de torque.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Para compreender os mecanismos biomecânicos e fisiológicos do alongamento, serão apresentados nesta revisão uma descrição sobre diferentes técnicas de alongamento e sobre a estrutura neuro-músculo-tendínea. Também serão abordados estudos sobre os efeitos de protocolos de alongamento na rigidez músculo-tendínea e no desempenho muscular.

2.1 AS TÉCNICAS DE ALONGAMENTO

Os exercícios de alongamento caracterizam-se como importantes contribuintes para o aumento da amplitude de movimento articular (ADM) (BANDY e SANDERS, 2003).

A técnica mais antiga de alongamento é denominada alongamento balístico, que é realizada com movimentos rápidos e repetitivos (ALTER,1999). Uma das vantagens atribuídas ao alongamento balístico é o desenvolvimento de um potencial de pós-ativação muscular que aumentaria o desempenho muscular pelas contrações rápidas e repetitivas (SALE,2002). Contudo, o que impede esta técnica de ser mais difundida é sua característica em causar dor ou lesão muscular (ALTER,1999).

Freqüentemente, desportistas e profissionais da reabilitação utilizam a técnica denominada alongamento estático (ALTER,1999). Este exercício caracteriza-se por manter uma posição alongada de um músculo ou grupo muscular (ALTER, 1999), até uma posição articular onde seja referida a sensação de tensão muscular máxima, porém, sem dor (MAGNUSSON *et al.*, 1996b; 2000b; AVELA *et al.*, 1999). Esta posição geralmente se aproxima da ADM máxima articular e é mantida por um período de tempo, podendo ou não ser repetida (ALTER,1999).

Outra técnica de alongamento, chamada de facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP), é considerada por alguns autores como a mais eficaz no ganho de ADM (SHRIER e GOSSAL, 2000; FERBER *et al.*, 2002; ROSÁRIO *et al.*,

2004; DAVIS *et al.*, 2005; SHARMAN *et al.*, 2006). O que diferencia esta técnica das outras é a contração muscular (geralmente em seu nível máximo) do músculo a ser alongado (agonista) ou do músculo oposto a ser alongado (antagonista), ou até mesmo a combinação de ambos em momentos diferentes (SHARMAN *et al.*, 2006).

O aumento da ADM após o alongamento estático acontece por meio de um relaxamento da tensão viscoelástica da unidade músculo-tendínea, causando o decréscimo na rigidez desta unidade (McHUGH *et al.*, 1992; MAGNUSSON *et al.*, 1996c). A técnica por FNP parece, segundo alguns autores, potencializar o alcance da ADM por meio de um mecanismo chamado de aumento da tolerância ao alongamento (MAGNUSSON *et al.*, 1996b).

Se ocorrerem deformações viscoelásticas provocadas pelos exercícios de alongamento, estas são perdidas se uma rotina destes exercícios não for mantida (SPERNOGA *et al.*, 2001). Por outro lado, o mecanismo de tolerância ao alongamento ainda é um fenômeno desconhecido e pouco discutido na literatura científica (MITCHELL *et al.*, 2007).

Em contrapartida, uma rotina de exercícios de alongamento, caracterizando os efeitos crônicos desses exercícios, pode aumentar o comprimento muscular e a ADM por causa do aumento no número de sarcômeros em série (DeDEYNE, 2001). No entanto, este ajuste estrutural no tecido muscular depende, segundo alguns autores, da ADM alcançada nos exercícios e da rigidez músculo-tendínea individual (MAGNUSSON, 1998).

Para elaborar um programa de exercícios de alongamento e, conseqüentemente atingir os objetivos destes exercícios, algumas variáveis precisam ser levadas em conta: o tipo de alongamento utilizado, a frequência das sessões, o tempo de manutenção da posição final do alongamento e o número de repetições de cada exercício (ALTER, 1999).

Para as técnicas por FNP e estática, um protocolo capaz de aumentar e manter a flexibilidade deve seguir os seguintes parâmetros preconizados pelo Colégio Americano de Medicina Esportiva (ACSM, 2003):

- 1) frequência mínima de 2 a 3 dias por semana;
- 2) posição final do alongamento estabelecida pelo sujeito como um ligeiro desconforto ao alcançar esta posição;
- 3) duração da manutenção do alongamento entre 10s e 30s e;
- 4) entre 3 e 4 repetições de cada exercício de alongamento.

Bonnar *et al.* (2004) complementam ainda que a contração muscular realizada na técnica por FNP deve ser mantida entre 3s e 10s.

Há uma tendência de treinadores e fisioterapeutas praticarem os parâmetros estabelecidos pela ACSM, porém, não há um consenso na literatura científica sobre o tempo ideal de manutenção do alongamento, bem como sobre seus efeitos imediatos (agudos) e a longo prazo (crônicos) no tecido músculo-tendíneo.

Na seção seguinte serão apresentadas as características específicas da técnica de alongamento por FNP por ser esta a escolhida neste estudo.

2.2 O ALONGAMENTO POR FACILITAÇÃO NEUROMUSCULAR PROPRIOCEPTIVA (FNP)

O alongamento por FNP é um exercício capaz de modificar a resposta neuromuscular por meio de receptores que respondem à estímulos físicos presentes nos músculos, tendões e articulações (ALTER, 1999). Estes receptores são chamados de mecanorreceptores e são importantes órgãos relacionados ao mecanismo proprioceptivo (SMITH, WEISS, LEHMKUHL, 1997).

O estímulo proprioceptivo¹ dos mecanorreceptores pode inibir os elementos contráteis ativos do músculo de forma que as fáscias, tendão e outras estruturas passivas da unidade músculo-tendínea possam ser mais facilmente tensionadas (ALTER, 1999; KANNUS *et al.*, 2000). No entanto, os efeitos do alongamento por FNP nas propriedades desta unidade ainda não estão totalmente esclarecidos na literatura científica (MAGNUSSON *et al.*, 1996b; FERBER *et al.*, 2002; SHARMAN *et al.*, 2006).

¹ A propriocepção é uma modalidade sensorial que determina uma resposta, equilibra a ação dos músculos agonistas e antagonistas, e ajusta a posição ou movimento articular por meio de informações enviadas ao sistema nervoso central (SNC) a partir de mecanorreceptores (SMITH, WEISS, LEHMKUHL, 1997; ENOKA, 2000).

Alguns autores afirmam que no momento em que o alongamento por FNP ou estático é iniciado, o fuso muscular² informa o SNC sobre a alteração do comprimento do músculo (SMITH, WEISS, LEHMKUHL, 1997). Em seguida, inicia-se um processo de contração muscular reflexa, oferecendo resistência ao alongamento (BONNAR *et al.*, 2004). Neste caso, quanto maior for a velocidade do alongamento mais o músculo irá contrair reflexamente, resistindo à execução do exercício (ENOKA, 2000). Quando a postura de manutenção do alongamento é estabelecida, ocorre um estímulo dos OTGs³ pelo estiramento de suas estruturas. Este estiramento gera impulsos nervosos como resposta (aferentes), tendo estes a capacidade de sobrepor os impulsos provenientes do fuso muscular, promovendo, então, o relaxamento muscular reflexo (chamado também de reflexo de estiramento inverso) (ALTER, 1999). O alongamento começa então a estimular os OTGs quando a postura é mantida no mínimo entre 15s e 30s (BANDY e SANDERS, 2003).

A técnica de alongamento por FNP possui características que podem ativar e inibir os músculos agindo especificamente em função de dois fenômenos neurofisiológicos envolvendo os fusos musculares e os OTGs. Eles são chamados de inibição autogênica e inibição recíproca (McATEE, 1998; ALTER, 1999; SHARMAN *et al.*, 2006).

O mecanismo de inibição autogênica acontece quando os OTGs são ativados pela contração do músculo que está sendo ou será alongado (agonista), causando tensão nas estruturas dos OTGs (ALTER, 1999). A tensão dessas estruturas provoca estímulos nervosos que são enviados tanto para o sistema nervoso central (SNC) quanto para o sistema inibitório medular (interneurônio inibitório Ib). O sistema de inibição medular promove o relaxamento do músculo agonista pela inibição dos neurônios motores alfa, sobrepondo a atividade dos fusos musculares (BONNAR *et al.*, 2004). Este mecanismo potencializa o relaxamento muscular reflexo descrito anteriormente e está representado na figura 1.

² Os fusos musculares são receptores sensoriais especializados localizados nos músculos que atuam como informantes do comprimento muscular e da velocidade do alongamento ao SNC (ENOKA, 2000).

³ Os órgãos tendíneos de Golgi (OTG) são receptores sensoriais localizados nos tendões que respondem à tensão ao alongamento e a contração muscular (ENOKA, 2000).

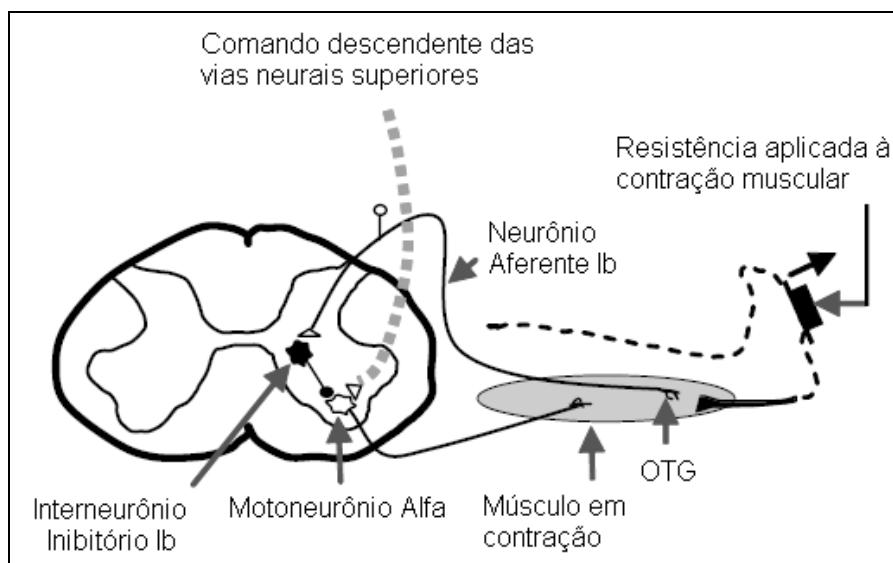


Figura 1 – Vias neurais responsáveis pela ativação do mecanismo de inibição autogênica durante a contração muscular.

Fonte: Adaptado de Sharman *et al.* (2006).

A inibição recíproca, no entanto, é desencadeada quando o músculo oposto ao que está sendo alongado realiza uma contração muscular (ALTER, 1999). Isto está exemplificado na figura 2 que mostra o músculo quadríceps femoral em contração ativando o sistema aferente dos fusos musculares. Estes fusos enviam estímulos por meio de um dos ramos do neurônio aferente 1a (Grupo 1a) fazendo sinapse na medula espinhal com o interneurônio inibitório 1a (ativado durante a contração). Este interneurônio inibe o músculo oposto ao que está se contraindo, ocasionando um relaxamento reflexo deste músculo, o que facilita a execução do alongamento (ENOKA, 2000; SHARMAN *et al.*, 2006).

Os padrões de inibição e ativação descritos anteriormente são destinados a facilitar o exercício de alongamento e caracterizam a técnica por FNP por constituírem os protocolos de aplicação desta técnica e seus componentes (BONNAR *et al.*, 2004). Estes componentes são o alongamento estático, o relaxamento e a contração muscular que podem ser combinados de diferentes formas (ALTER, 1999).

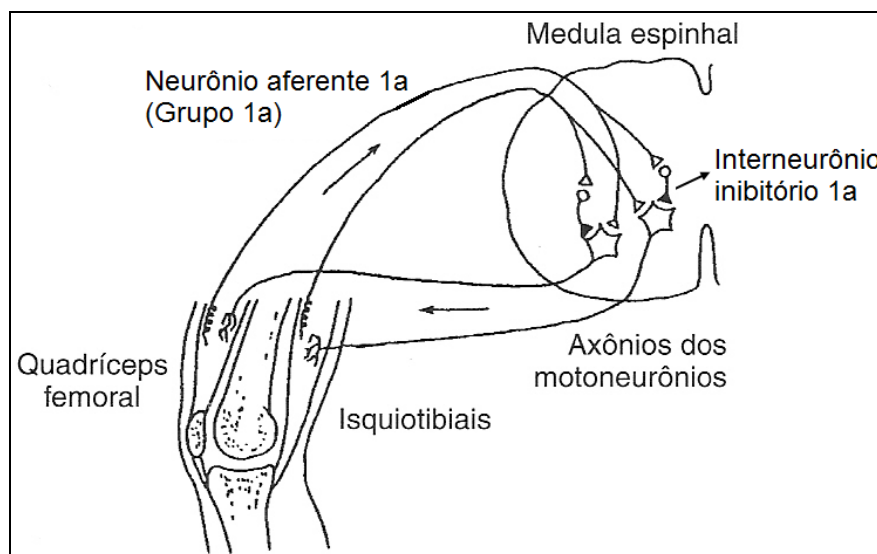


Figura 2 – Vias neurais responsáveis pela ativação do mecanismo inibitório recíproco durante a contração do músculo oposto

Fonte: ENOKA (2000)

Alguns destes protocolos serão descritos a seguir, de acordo com Sharman *et al.* (2006):

- **Contrair-relaxar (CR):** é realizado por um posicionamento inicial do membro em um ângulo articular máximo tolerado, seguido por uma contração do músculo oposto ao alongado. Em seguida, é requerido um relaxamento muscular do músculo em contração, buscando em seguida uma nova posição articular máxima tolerada. Esta variação baseia-se no princípio da inibição recíproca;
- **Manter-relaxar (MR):** é realizado inicialmente com um posicionamento angular máximo do membro, seguido por uma contração do músculo a ser alongado. Logo após, um relaxamento do mesmo músculo é estabelecido e um novo posicionamento é alcançado. Esta variação baseia-se no princípio da inibição autogênica;
- **Manter em reversão lenta - relaxar (MRLR):** esta variação é realizada com um posicionamento inicial máximo tolerado do membro, seguido por uma contração do músculo a ser alongado. Logo após, uma nova posição articular máxima é exigida, acompanhada por uma contração do músculo oposto. O relaxamento muscular total é requerido e uma posição final é sustentada. Esta variação baseia-se em ambos princípios de inibição autogênica e recíproca.

Embora estas combinações possam contribuir no aumento da ADM, não há um consenso na literatura quanto a que seja mais efetiva (SHARMAN *et al.*, 2006). No entanto, o período de contração muscular capaz de ativar os mecanorreceptores foi definido por alguns pesquisadores, podendo variar entre 3s e 10s (BONNAR *et al.*, 2004; FELAND *et al.*, 2004).

A manutenção da posição do alongamento por FNP provoca um relaxamento da tensão viscoelástica da unidade músculo-tendínea, assim como a manutenção da técnica estática (TAYLOR *et al.*, 1990; McHUGH *et al.*, 1992; MAGNUSSON *et al.*, 1996a;1996b). No entanto, a vantagem do alongamento por FNP em proporcionar maiores ganhos na ADM pode não ser atribuída aos mecanismos de inibição autogênica e recíproca descritos anteriormente, mas à capacidade desta técnica em alterar a posição a qual está sendo mantida ou tolerada (SHARMAN *et al.*, 2006). Tal alteração é relacionada por muitos autores a um mecanismo neural de acomodação sensorial denominado aumento da tolerância ao alongamento (MAGNUSSON *et al.*, 1996b; MAGNUSSON, 1998; BALLANTYNE *et al.*, 2003; SHARMAN *et al.*, 2006; MITCHELL *et al.*, 2007; MAHIEU *et al.*, 2009).

Magnusson *et al.* (1996b) afirmam que a técnica por FNP alteraria os receptores da dor presentes tanto na pele e articulações quanto no tecido músculo-tendíneo. Esta técnica interrompe ou ameniza a transmissão da dor causando um efeito analgésico nas estruturas locais (MAGNUSSON *et al.*, 1996b; SHARMAN *et al.*, 2006). Neste caso, a contração muscular realizada na técnica por FNP é a responsável pelo possível efeito analgésico, inibindo os receptores da dor (MITCHELL *et al.*, 2007).

Recentemente alguns autores afirmaram que a alteração da tolerância ao alongamento é maior quanto mais contrações musculares forem adicionadas entre os períodos de manutenção da técnica por FNP (MITCHELL *et al.*, 2007), embora a maioria das pesquisas sobre este assunto revelam somente a importância do tempo de manutenção destas contrações (MAGNUSSON *et al.*, 1996b; BONNAR *et al.*, 2004; FELAND *et al.*, 2004; SHARMAN *et al.*, 2006).

Sendo assim, o aumento na tolerância ao alongamento possibilitaria que a técnica por FNP alcance maiores graus de amplitude articular, tanto na execução da técnica de alongamento quanto na avaliação imediata da ADM (MAGNUSSON *et al.*, 1996b). O maior grau de amplitude articular alcançado pode tencionar de forma mais efetiva as estruturas da unidade músculo-tendínea, fazendo com que a tensão

elástica nos tecidos seja maior (MITCHELL *et al.*, 2007). Entretanto, Magnusson *et al.* (1996b) afirmam que o relaxamento da tensão viscoelástica provocado pelo alongamento por FNP é igual ao relaxamento provocado pelo alongamento estático. Estes autores utilizaram uma repetição de 80s para o alongamento por FNP, antecedida por 6s de contração muscular.

De acordo com as afirmações acima, a literatura científica mostra-se inconclusiva a respeito da efetividade do alongamento por FNP, assim como sobre a possibilidade do mecanismo de tolerância ao alongamento acontecer isoladamente, excluindo totalmente os efeitos de inibição recíproca e autogênica (SHARMAN *et al.*, 2006).

2.3 EFEITOS DOS EXERCÍCIOS DE ALONGAMENTO

Neste item serão apresentados estudos que determinaram os efeitos de diferentes técnicas e protocolos de alongamento na unidade músculo-tendínea.

2.3.1 Efeitos dos Exercícios de Alongamento na Amplitude de Movimento (ADM)

As evidências de que os exercícios de alongamento provocam aumento na ADM são irrefutáveis. Este efeito sobre a ADM ocorre imediatamente após a aplicação do alongamento (DePINO *et al.*, 2000; MAGNUSSON *et al.*, 1996b; 2000b; FELAND *et al.*, 2001a; KUBO *et al.*, 2001a; SPERNOGA *et al.*, 2001; BONNAR *et al.*, 2004; MAREK *et al.*, 2005; ZAKAS *et al.*, 2005; 2006a; WHATMANN *et al.*, 2006; YOUNG *et al.*, 2006; MITCHELL *et al.*, 2007; RYAN *et al.*, 2008) e pode, mediante a aplicação de um protocolo prolongado, tornar-se crônico (BANDY e IRION 1994; 1997; CHAN *et al.*, 2001; FELAND *et al.*, 2001b; ZAKAS *et al.*, 2002; FERREIRA *et al.*, 2007; MAHIEU *et al.*, 2007). A seguir serão apresentadas descrições dos

estudos que ocuparam-se de cada uma das situações e dos mecanismos fisiológicos associados.

A literatura freqüentemente relaciona o aumento da ADM, observado pela a prática dos exercícios de alongamento, com alterações das propriedades mecânicas do tecido músculo-tendíneo (WEIR *et al.*, 2005).

Estas alterações podem ser resultado de efeitos imediatos (ou agudos) ou de efeitos a longo prazo (ou crônicos), tais como: alterações morfofuncionais (adição de sarcômeros em série (DeDEYNE, 2001); reorganização dos constituintes da matriz extracelular do conjuntivo intramuscular (fibras de colágeno) (CULAV *et al.*, 1999; PROSKE *et al.*, 1999; KUBO *et al.*, 2001a; GAJDOSIK *et al.*, 2007), sendo esta reorganização resultado da alteração do comprimento muscular (ALTER, 1999); e, por fim, por deformações de proteínas estruturais da fibra muscular (como a titina, que auxilia na resistência passiva natural do músculo esquelético) (HERZOG *et al.*, 2005).

Os efeitos a curto e longo prazo da ADM também são justificados por alguns autores por possíveis alterações nas propriedades neurais, como o aumento na tolerância ao alongamento (descrita no item 2.2 anteriormente), que afetaria indiretamente os tecidos locais concomitantemente aos efeitos nas propriedades mecânicas (MAGNUSSON *et al.*, 1996a; 1996b; MITCHELL *et al.*, 2007). Para outros autores, o aumento imediato da ADM provocado pelo alongamento acontece tanto pela alteração nas propriedades mecânicas quanto pelas mudanças nas propriedades neurais (SHRIER e GOSSAL, 2000).

As alterações nas propriedades mecânicas do tecido músculo-tendíneo provocam a diminuição da rigidez músculo-tendínea (MAGNUSSON *et al.*, 1996a; PROSKE *et al.*, 1999; WEIR *et al.*, 2005) e esta é associada à diminuição da viscoelasticidade destes tecidos (TAYLOR *et al.*, 1990; McHUGH *et al.*, 1992).

A propriedade de viscoelasticidade proporciona ao tecido músculo-tendíneo uma deformação e recuperação graduais quando a tensão provocada pelo alongamento é aplicada e retirada (McHUGH *et al.*, 1992), ou seja, a deformação aplicada dentro dos limites fisiológicos retorna ao seu estado inicial, porém, não imediatamente (TAYLOR *et al.*, 1990).

Especificamente, alguns autores afirmam que o alongamento estático provoca a diminuição imediata da viscosidade, porém aumenta a elasticidade (KUBO *et al.*,

2001a). A viscosidade é diminuída, segundo estes autores, devido a uma perda de energia em forma de calor após a aplicação e a retirada da tensão de alongamento.

A elasticidade é uma propriedade que armazena e libera energia mecânica do músculo e pode ser imediatamente aumentada quando o tecido músculo-tendíneo é mantido em uma posição constante (como durante o período de manutenção do alongamento) (McHUGH *et al.*, 1992). Este efeito causa um relaxamento progressivo destas estruturas chamado de relaxamento da tensão viscoelástica (TAYLOR *et al.*, 1990).

Magnusson *et al.* (1996c) afirmaram que quando um exercício de alongamento é executado, ambos componentes elásticos em série e em paralelo estão sendo tensionados. A diminuição imediata observada na rigidez músculo-tendínea após os alongamentos seria devido às adaptações dos elementos elásticos⁴ em paralelo (MAGNUSSON *et al.*, 1996c), porém, em seus achados, Kubo *et al.* (2001a) afirmam que tais mudanças também ocorrem nos elementos elásticos em série.

No estudo publicado em 1992, McHugh *et al.* demonstraram o relaxamento da tensão viscoelástica da unidade músculo-tendínea após 3 repetições de 45s. Magnusson *et al.* (2000a) verificaram que este protocolo provoca apenas 20% de relaxamento viscoelástico e que o mesmo provoca uma resistência absoluta que não difere entre as 3 repetições. O efeito do alongamento mantido por 45s, segundo estes autores, não se potencializaria a cada repetição, demonstrando que não ocorre alterações nas propriedades viscoelásticas dos músculos flexores do joelho.

Em uma outra perspectiva, Morse *et al.* (2008) defende que a unidade músculo-tendínea é afetada após o alongamento pela simples alteração no comprimento e também no ângulo de penetração das fáscias (epimísio, perimísio e endomísio), e que mudanças na propriedade de tixotropia⁵ desta unidade podem estar contribuindo para isso.

⁴ Os componentes elásticos em série são constituídos pelo tendão e por estruturas microscópicas intrínsecas musculares, como a titina. Já os componentes elásticos em paralelo são formados pelos envoltórios musculares de tecido conjuntivo chamados de perimísio, epimísio e endomísio.

⁵ A tixotropia corresponde a mudança de estado de um tecido rígido para um estado de menor rigidez em decorrência de alterações na viscosidade presente na matriz extracelular dos tendões e ligamentos. Tais alterações ocorrem mudando o estado de gel formado por ligações entre as moléculas de água e as de proteoglicanas (ENOKA, 2000).

A existência de alterações imediatas na propriedade viscoelástica da unidade músculo-tendínea pode depender dos protocolos de alongamento utilizados, sendo mais relacionadas à duração do alongamento do que ao número de repetições realizadas no exercício de alongamento (KUBO *et al.*, 2001a).

Em fatores como o tempo de permanência dos efeitos do alongamento sobre a ADM foi demonstrado que um protocolo de alongamento estático composto por 4 repetições de 30s cada é capaz de manter o aumento agudo da ADM por 3 min (DePINO *et al.*, 2000). Em outro trabalho, demonstrou-se que um protocolo de 8 min de alongamento estático manteve seus efeitos sobre a ADM por até 10 min após o término dos exercícios (RYAN *et al.*, 2008).

A técnica de alongamento por FNP, proporcionou a manutenção do ganho imediato da ADM por 6 min com um protocolo composto por 5 repetições de 7s (SPERNOGA *et al.*, 2001).

No que diz respeito ao protocolo de alongamento propriamente dito, o tempo de duração e a número de repetições foi verificado por Zakas (2005), que percebeu um aumento agudo significativo da ADM em todas as durações pesquisadas em adolescentes jogadores de futebol. Este autor fracionou o tempo de duração de 30s de um alongamento estático com uma repetição de 30s de duração, duas repetições com duração de 15s, e o último, de seis repetições de 5s, onde obteve um aumento da ADM semelhantes entre eles.

Em pessoas com idade entre 65 a 85 anos, o efeito agudo de um protocolo de alongamento estático (formado por 3 repetições de 60s) foi capaz de aumentar significativamente a ADM (ZAKAS *et al.*, 2006b). Estes autores constataram também que um aquecimento prévio ao alongamento pode facilitar o aumento da ADM.

Ryan *et al.* (2008) verificaram aumento agudo de 8% na ADM dos músculos flexores de tornozelo após utilizar um protocolo de alongamento estático totalizando 2 min. Estes autores também verificaram um aumento de 14% após 4 min e 13% após um protocolo de alongamento mantido por 8 min.

Alguns autores afirmam que se os protocolos forem construídos com durações superiores a 7 min, o aumento da ADM imediatamente após a aplicação do alongamento estaria relacionado à diminuição da rigidez músculo-tendínea (MAGNUSSON *et al.*, 1996c). Em contrapartida, protocolos com tempo total entre 1 e 3 min poderiam induzir alterações neurais imediatas na ADM, sendo uma delas o aumento da tolerância ao alongamento (MAGNUSSON *et al.*, 2000a).

As mudanças crônicas ou a longo prazo no tecido músculo-tendíneo são usualmente relacionadas à prática constante dos exercícios de alongamento e às adaptações estruturais e neurais que podem ocorrer no decorrer da execução periódica destes exercícios (ALTER, 1999).

As adaptações músculo-tendíneas crônicas podem ser resultados de mecanismos miogênicos atuantes diretamente no tecido, podendo haver participação da atividade neural (mecanismos neurogênicos) (GAJDOSIK, 2001). Uma dessas adaptações seria a adição de sarcômeros em série, citada anteriormente, e esta teoria é defendida por alguns autores (HANDEL *et al.*, 1997; DeDEYNE, 2001; FERREIRA *et al.*, 2007).

Handel *et al.* (1997) associaram o aumento da ADM à sarcomerogênese após 8 semanas realizando o alongamento por FNP-CR (total de 10 min) três vezes por semana. A mesma associação foi feita por Ferreira *et al.* (2007) que, após realizar o alongamento estático (4 repetições de 30s), 5 dias por semana durante 6 semanas, verificou aumento da ADM dos músculos flexores do joelho.

Os efeitos a longo prazo no tecido músculo-tendíneo seriam ocasionados não pelo tipo de alongamento, mas pela a tensão ao qual o tecido é alongado (AVELA *et al.*, 2004) e o tempo de manutenção do exercício (TAYLOR *et al.*, 1990).

A teoria de Avela *et al.* (2004) também é defendida por outros autores, que relacionam a resposta a longo prazo do tecido músculo-tendíneo à ADM final alcançada durante o exercício e pelo tempo de manutenção do alongamento (McHUGH *et al.*, 1992; TAYLOR *et al.*, 1990).

Segundo DeDEYNE (2001), as respostas tardias do tecido músculo-tendíneo não estão associadas aos efeitos agudos ou imediatos do alongamento, e os modelos biomecânicos não são capazes de esclarecer estas respostas.

Em relação aos protocolos utilizados em pesquisas dos efeitos crônicos do alongamento, observou-se que uma repetição de 60s de alongamento estático é mais efetiva no ganho de ADM que 15s e 30s em idosos (FELAND *et al.*, 2001b). Neste caso, os autores atribuem esses resultados às mudanças fisiológicas teciduais nesta população. Em uma população mais jovem (adolescentes com idade entre 10 e 16 anos) foram observados também efeitos crônicos do alongamento estático no ganho de ADM (ZAKAS *et al.*, 2002). Estes autores utilizaram o alongamento estático por duas vezes de 30s nos músculos de ambos membros inferiores (flexores, extensores e abdutores de quadril e flexores de joelho).

Bandy e Irion (1994) mostraram que 30s de alongamento estático realizado uma vez por dia, 5 vezes por semana, durante 6 semanas, foi mais eficiente que 15s ou 60s para aumentar a ADM. Nesta perspectiva, não há diferença no ganho de ADM se este mesmo protocolo for realizado duas vezes ao dia (BANDY e IRION, 1997).

As adaptações crônicas das propriedades mecânicas, sob influência do alongamento estático, mostram ter efeitos temporais diferenciados das propriedades neurais (GUISSARD *et al.*, 2004). Neste caso, os níveis de ADM e rigidez músculo-tendínea se mantêm parcialmente até um mês após cessarem os treinos de flexibilidade, enquanto que a atividade neural retornaria aos seus níveis basais imediatamente após cessarem os exercícios de alongamento (GUISSARD *et al.*, 2004).

As propriedades neurais foram relacionadas aos efeitos crônicos da técnica de alongamento por FNP por meio do mecanismo de aumento da tolerância ao alongamento (MAHIEU *et al.*, 2009).

Em um estudo realizado por 6 semanas, utilizando esta técnica nos músculos flexores do tornozelo, os efeitos não foram atribuídos à diminuição do torque passivo ou à mudança na rigidez passiva do tendão de Aquiles, mas a um aumento do limiar de percepção do alongamento (MAHIEU *et al.*, 2009).

Apesar de não estar claro na literatura científica a participação dos mecanismos neurais nas alterações crônicas ou agudas da ADM, estas são consideradas estratégias inibitórias da atividade neuro-muscular, que teriam como produto final o relaxamento da unidade músculo-tendínea e o aumento da ADM (SHARMAN *et al.*, 2006).

Em uma outra perspectiva, independente dos efeitos dos protocolos de alongamento, sejam eles de curta ou longa duração, o aumento na ADM pode ser transitório se não for praticado freqüentemente, e este fato está relacionado com a inerência da unidade músculo-tendínea à sua natureza viscoelástica, ligada à forte tendência dessas estruturas em retornar ou até diminuir ao seu comprimento (FOWLES *et al.*, 2000).

2.3.2 Efeitos dos Exercícios de Alongamento na Rigidez Músculo-Tendínea

As alterações provocadas pelo alongamento na rigidez da unidade músculo-tendínea tem sido investigadas avaliando-se o movimento passivo realizado em um dinamômetro isocinético (MAGNUSSON *et al.*, 1996a; 1996b; 1998; McNAIR *et al.*, 2002; WEIR *et al.*, 2005; NORDEZ *et al.*, 2006; WHATMANN *et al.*, 2006; GAJDOSIK *et al.*, 2007; MORSE *et al.*, 2008). Para isto, utiliza-se o modo de movimento passivo contínuo (MPC) para movimentar passivamente a articulação que se desejada avaliar (PRENTICE e VOIGHT, 2003).

Com o dinamômetro operando no modo de MPC, podem ser ajustadas a velocidade, as pausas durante o movimento, o ângulo articular final desejado, entre outros parâmetros, dependendo do modelo e marca do equipamento (PRENTICE e VOIGHT, 2003).

Neste tipo de avaliação, a rigidez é quantificada a partir da curva ângulo-torque (MAGNUSSON *et al.*, 1996c). Um exemplo de curva ângulo-torque passiva está ilustrado na figura 3. Alguns dos parâmetros obtidos desta curva e utilizados para avaliar o efeito do alongamento são: o torque passivo máximo, o ângulo articular do membro (correspondente ao movimento angular do braço de alavanca do dinamômetro), a energia elástica armazenada e a rigidez estimada a partir da inclinação (coeficiente angular) da reta que aproxima parte da curva (MAGNUSSON *et al.*, 1996b; 1996c; NORDEZ *et al.*, 2006).

A quantidade de energia elástica armazenada pelo músculo durante o movimento corresponde à área abaixo desta curva (MAGNUSSON *et al.*, 2000b).

Indivíduos com maior rigidez músculo-tendínea teriam melhor capacidade de absorção de energia elástica sob a ação de forças mecânicas (TAYLOR *et al.*, 1990), e portanto seriam beneficiados em uma situação de sobrecarga abrupta capaz de causar lesão (SHRIER, 2005).

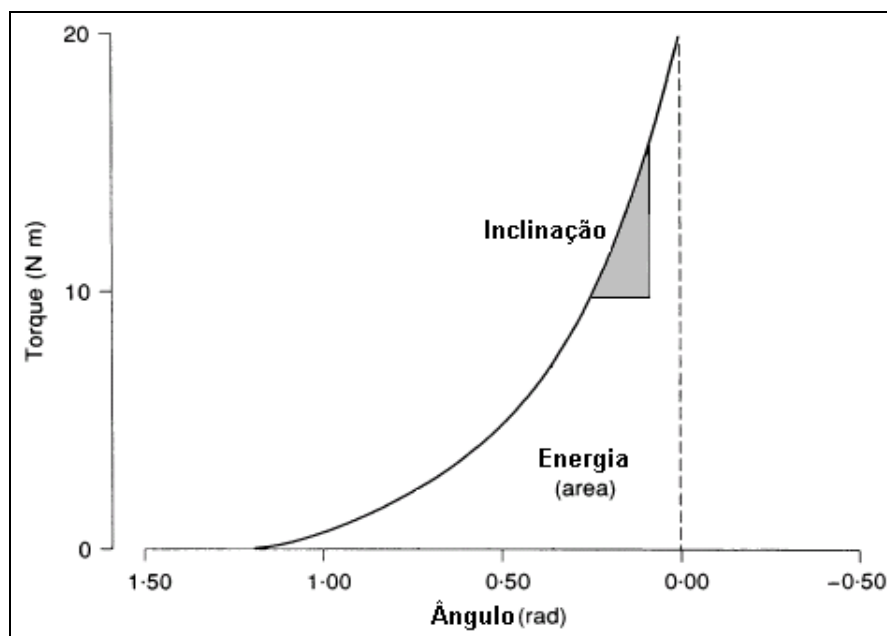


Figura 3 – Torque passivo - Curva ângulo-torque obtida por um dinamômetro isocinético durante o teste de torque passivo. A parte cinza indica a região da curva utilizada para estimar a rigidez muscular (inclinação).

Fonte: Adaptado de Magnusson *et al.* (1996b)

Outro aspecto positivo da rigidez seria a contribuição de suas propriedades para a potencialização da ação muscular, isto devido à melhor transferência mecânica da força muscular à alavanca ósteo-articular (KOKKONEN *et al.*, 1998; PROSKE *et al.*, 1987 apud KUBO *et al.*, 2001a; BOJSEN-MOLLER *et al.*, 2005). Segundo Aquino *et al.* (2006), provavelmente seja por isso que não se encontra em estudos científicos a relação entre o efeito agudo do alongamento e a prevenção de lesões.

Com base nessas afirmações, o efeito do alongamento em diminuir esta rigidez é questionado, especialmente quando esta pode evitar lesões em atletas de alto desempenho (WITVROUW *et al.*, 2004; SHRIER, 2005).

O termo referente à rigidez muscular passiva, no entanto, é utilizado comumente como sinônimo de rigidez articular sem que seja considerada a influência de outras estruturas passivas locais (AQUINO *et al.*, 2006).

Durante a avaliação do torque passivo, estruturas como a área de secção transversa (AST), cápsula e ligamentos articulares, pele e tecido conectivo podem ser fatores determinantes da rigidez. Adicionalmente, indivíduos com maior AST possuem maior trofismo muscular e, conseqüentemente, mais pontes cruzadas entre os miofilamentos de actina e miosina em estado de repouso, proporcionando mais

resistência (ou rigidez) durante a avaliação (AQUINO *et al.*, 2006). Neste sentido, o estado de semi-contração das pontes cruzadas em repouso teriam um papel importante na rigidez passiva, porém não é o único elemento a determiná-la (PROSKE *et al.*, 1999).

Segundo outros autores, a rigidez passiva seria influenciada também pela deformação provocada durante o alongamento dos tecidos endomísio, perimísio e epimísio, constituintes dos componentes elásticos em paralelo, com uma contribuição maior do tecido perimísio (GAJDOSIK, 2001; KUBO *et al.*, 2001b).

Os tecidos citados possuem a propriedade de viscoelasticidade, característica do tecido músculo-tendíneo (GAJDOSIK, 2001). A diminuição da rigidez após os exercícios de alongamento é associada ao aumento da elasticidade de estruturas como estas (TAYLOR *et al.*, 1990; MAGNUSSON *et al.*, 1996a; CHAN *et al.*, 2001; GAJDOSIK, 2001).

O alongamento estático e por FNP podem causar um efeito nas propriedades mecânicas da unidade músculo-tendínea em aspectos como o relaxamento da tensão viscoelástica, caracterizando uma diminuição do torque passivo e da rigidez músculo-tendínea em avaliações típicas do toque passivo (MAGNUSSON *et al.*, 1996b; NORDEZ *et al.*, 2006).

Quando um músculo ou grupo muscular é mantido em uma posição de alongamento, o torque passivo e a rigidez podem diminuir, demonstrando o relaxamento viscoelástico do tecido músculo-tendíneo (McHUGH *et al.*, 1992; MAGNUSSON *et al.*, 1996c). No entanto, igualmente aos efeitos do alongamento na ADM descritos no item 2.3.1, tanto os protocolos dos alongamentos aplicados quanto a prática destes protocolos parecem ser imperativos nas variáveis relacionadas à rigidez músculo-tendínea.

Um exemplo desta variabilidade pode ser encontrado nos estudos de Magnusson *et al.* (1996c), onde observaram um relaxamento da tensão viscoelástica imediatamente após o alongamento e um declínio na energia elástica dos músculos flexores do joelho, sendo o alongamento constituído de uma repetição de 90s. Antes de manter a tensão do alongamento, estes autores perceberam que houve um acúmulo do efeito do alongamento na propriedade da elasticidade em função das repetições subseqüentes (num total de 5 repetições). O protocolo utilizado neste estudo foi suficiente para causar o aumento da viscoelasticidade e,

conseqüentemente, a diminuição imediata da rigidez músculo-tendínea (MAGNUSSON *et al.*, 1996c).

Em uma abordagem diferente, o protocolo de alongamento estático formado por 3 repetições de 45s também foi capaz de produzir o relaxamento da tensão viscoelástica na unidade músculo-tendínea (MAGNUSSON *et al.*, 2000a), contudo este relaxamento não se manteve nos períodos de intervalo (30s) entre cada repetição, como ocorreu no estudo de Magnusson *et al.* (1996c), citado anteriormente. Este achado mostra que um tempo de manutenção acima de 45s poderia ser necessário para manter a resposta viscoelástica por um período mais prolongado nestes tecidos.

Weir *et al.* (2005) verificaram uma diminuição média de 27,1% e 14,1% do torque passivo máximo ao fim da ADM e após manter 120s, respectivamente, em cada uma das 5 repetições. A avaliação era realizada passivamente por um dinamômetro isocinético nos músculos dorsiflexores de tornozelo e não foi mencionada a ocorrência de fadiga durante os testes, apesar da duração do exercício. De acordo com estes autores, estes achados indicam uma diminuição significativa da tensão viscoelástica.

O alongamento estático é o mais utilizado nas pesquisas científicas sobre a rigidez, e algumas mostraram alterações significativas nesta propriedade, como é o caso dos estudos de Morse *et al.* (2008), onde demonstraram que um protocolo de alongamento estático formado por 5 repetições de 60s, foi capaz de diminuir imediatamente a rigidez (47%) e aumentar a ADM (17%) (MORSE *et al.*, 2008).

O alongamento estático também proporcionou um aumento agudo significativo na ADM e uma diminuição da rigidez após um protocolo formado por 5 repetições de 30s (NORDEZ *et al.*, 2006). Entretanto, Whatmann *et al.* (2006) afirmam que um protocolo de alongamento estático formado por 4 repetições de 20s não foi suficiente para produzir alterações na ADM e na rigidez passiva da unidade músculo-tendínea.

As alterações nas propriedades mecânicas descritas acima predominam na relação entre as propriedades passivas e o alongamento, assim como os mecanismos neurais do alongamento, discutidos no item 2.3.1, também podem ter uma influência significativa.

Com base nos efeitos do alongamento na rigidez músculo-tendínea, foi averiguado que o ângulo articular máximo tolerado e o torque passivo máximo são

maiores, imediatamente após um protocolo de alongamento por FNP, em comparação ao alongamento estático (MAGNUSSON *et al.*, 1996b). Ambas as técnicas eram constituídas de um protocolo formado por uma repetição de 80s, porém a técnica por FNP foi desenvolvida com uma única contração muscular com duração de 6s (MAGNUSSON *et al.*, 1996b). Estes mesmos autores constataram também que não havia atividade eletromiográfica nos músculos avaliados durante o teste, porém, afirmaram que o alongamento por FNP não estaria provocando diminuição na viscoelasticidade ou nas propriedades da rigidez músculo-tendínea, mas sim, um aumentando a tolerância ao alongamento.

Ao explorar os mecanismos neurais da técnica de alongamento por FNP, Ballantyne *et al.* (2003) verificaram um aumento imediato no torque passivo por meio de um dinamômetro manual. Estes autores aplicaram uma técnica por FNP modificada, realizando somente 4 contrações sustentadas por 5s. Foi observado um aumento da ADM por meio de fotometria e também averiguado que um único alongamento por FNP pode modificar a tolerância ao alongamento. No entanto mudanças na viscoelasticidade podem ocorrer após algumas repetições deste exercício de alongamento (BALLANTYNE *et al.*, 2003).

Apesar das afirmações anteriores, o relaxamento da tensão viscoelástica não é considerado o mecanismo responsável pelos maiores ganhos da ADM utilizando a técnica por FNP (MAGNUSSON *et al.*, 1996b; MITCHELL *et al.*, 2007).

Os protocolos do alongamento podem causar efeitos não somente pela diferença nas técnicas, mas também pelo tempo de manutenção ou pelo número de repetições do exercício, como foi revisto anteriormente. Estes protocolos diferenciam-se também quando verificados seus efeitos em longo prazo (ou crônicos).

Verificando os efeitos crônicos do alongamento na rigidez, Magnusson *et al.* (1996a) demonstraram a eficiência do alongamento estático dos músculos flexores do joelho após 3 semanas de alongamento. Estes autores verificaram que propriedades mecânicas como a viscoelasticidade não sofrem alterações, porém um aumento da tolerância ao alongamento pode ser observado. Para isto, os pesquisadores citados desenvolveram dois protocolos de alongamento estático, sendo um consistindo em uma repetição de 90s, mantida em uma posição articular pré-determinada; e o outro, realizado como o protocolo descrito há pouco, porém, o alongamento poderia continuar até uma posição articular onde fosse referida pelos

voluntários uma tensão dolorosa local. Estes autores não constatarem alterações no torque passivo máximo, na rigidez e na energia elástica após o primeiro protocolo de alongamento. Em contrapartida, após a aplicação do segundo protocolo, o joelho pôde ser estendido significativamente, além de indicar o aumento no pico de torque e na energia elástica, demonstrando o aumento da tolerância à tensão dolorosa no decorrer do treinamento de alongamento.

Em outro estudo sobre os efeitos crônicos do treino de alongamento nos músculos do tornozelo, foi observado que após um protocolo formado por 10 repetições de 15 segundos, 5 vezes por semana durante 6 semanas, o alongamento provocou um aumento na ADM máxima no ângulo do torque passivo máximo (7°), no torque passivo máximo (23 N.m), e na energia elástica (22.7 N.m) (GAJDOSIK *et al.*, 2007).

Os efeitos em longo prazo, apesar de ainda estar claro se são relacionados à alterações em propriedades neurais ou mecânicas, parecem ser efetivos na diminuição da rigidez. Chan *et al.* (2001), ao avaliarem os efeitos crônicos (3 vezes por semana durante 8 semanas) de um protocolo de alongamento constituído de 5 repetições de 30 segundos, observaram um aumento maior da ADM em comparação à um protocolo realizado por menos tempo (4 semanas). Este era realizado com um maior número de repetições (10 repetições de 30 segundos) e foi o único a desencadear um aumento no torque passivo máximo, podendo ter sido suficiente para potencializar a adaptação da elasticidade.

2.3.3 Efeitos dos Exercícios de Alongamento no Desempenho Muscular

Muitos estudos têm investigado os efeitos do alongamento no desempenho muscular (KOKKONEN *et al.*, 1998; FOWLES *et al.*, 2000; BEHM *et al.*, 2001, 2006; GUISSARD *et al.*, 2001; CORNWELL *et al.*, 2002; YOUNG *et al.*, 2003, 2006; POWER *et al.*, 2004; CRAMER *et al.*, 2004, 2005; 2007; NELSON *et al.*, 2005; MAREK *et al.*, 2005; BRANDENBURG, 2006; YAMAGUCHI *et al.*, 2006; BRADLEY *et al.*, 2007; HERDA *et al.*, 2008; RYAN *et al.*, 2008). Nestes trabalhos, variáveis como modos de contração muscular (isométrica, concêntrica, excêntrica) (KOKKONEN *et al.*, 1998; BEHM *et al.*, 2001; BRANDENBURG, 2006; YAMAGUCHI *et al.*, 2006),

diferenças entre os protocolos e técnicas de alongamento, efeitos agudos e crônicos do alongamento (KOKKONEN *et al.*, 1998; CORNWELL *et al.*, 2002; MAREK *et al.*, 2005; CRAMER *et al.*, 2004; 2005; 2007; RYAN *et al.*, 2008) foram pesquisadas.

Muitos dos estudos citados apontam que os exercícios de alongamento podem comprometer a capacidade imediata do músculo em produzir força (KOKKONEN *et al.*, 1998; FOWLES *et al.*, 2000; CORNWELL *et al.*, 2002; YOUNG *et al.*, 2003; 2006; CRAMER *et al.*, 2004; 2005; 2007; POWER *et al.*, 2004; MAREK *et al.*, 2005; NELSON *et al.*, 2005; BRANDENBURG, 2006; YAMAGUCHI *et al.*, 2006; BRADLEY *et al.*, 2007).

As causas dos déficits agudos de força muscular ainda não estão totalmente esclarecidas e, de acordo com Marek *et al.* (2005), duas hipóteses são indicadas para explicar este fenômeno. Uma das hipóteses considera que fatores mecânicos, como alterações nas propriedades viscoelásticas da unidade músculo-tendínea sejam responsáveis pelo déficit de força. A outra atribui a fatores neurofisiológicos, como a diminuição na ativação das unidades motoras durante a contração muscular, o motivo para o declínio da força (MAREK *et al.*, 2005).

A seguir serão apresentados os efeitos do exercício de alongamento em diferentes aspectos relacionados ao desempenho de força muscular.

2.3.4 Efeitos do Alongamento nas Propriedades Mecânicas do Desempenho Muscular

A fim de investigar a influência tanto dos fatores mecânicos quanto dos fatores neurais no déficit de força, avaliações isocinéticas e do sinal eletromiográfico tem sido realizadas (CRAMER *et al.*, 2004; 2005; 2007; MAREK *et al.*, 2005; NELSON *et al.*, 2005; BRANDENBURG, 2006; RYAN *et al.*, 2008, GREGO NETO e MANFFRA, 2009).

Em relação aos fatores mecânicos, Behm *et al.* (2001) e Fowles *et al.* (2000) defendem que os déficits de força induzidos pelo alongamento estariam relacionados à diminuição da rigidez muscular em função de modificações na propriedade da viscoelasticidade.

A relação ângulo-torque, obtida por uma avaliação isocinética, parece ser afetada tanto pelos componentes elásticos quanto pelos componentes contráteis do músculo (KAWAKAMI *et al.*, 2002). Contudo, alguns estudos afirmam que uma unidade músculo-tendínea de maior comprimento produziria mais força muscular por causa da capacidade elástica da estrutura do tendão (KANNUS *et al.*, 2000; KUBO *et al.*, 2006; STAFILIDIS *et al.*, 2007).

Este aumento da elasticidade otimizaria a força muscular por meio da energia elástica armazenada nas estruturas passivas da unidade músculo-tendínea (CAVAGNA 1977 apud Kubo *et al.*, 2001b; STAFILIDIS *et al.*, 2007). Desta forma, as estruturas passivas podem estar intimamente ligadas ao desempenho muscular dinâmico (FUKASHIRO *et al.*, 2006).

Estas estruturas passivas, constituídas em sua maioria pelos componentes elásticos em paralelo (perimísio, epimísio e endomísio), trariam o benefício de gerar força tensional em contrações musculares, enquanto os componentes elásticos em série (tendão e miofilamentos) armazenariam e disponibilizariam energia elástica em contrações de alta velocidade, amplificando a potência muscular (FUKASHIRO *et al.*, 2006). A interação destas estruturas, segundo os mesmos autores, seria essencial para a geração de alto desempenho muscular, especialmente no período de intervalo entre uma contração e outra. Este fenômeno estaria ligado às relações força-comprimento e força-velocidade dos elementos contráteis e elásticos (FUKASHIRO *et al.*, 2006).

No entanto, alguns estudos obtiveram resultados contrários à afirmação de Fukashiro *et al.* (2006) ao verificarem que tanto em baixas quanto em altas velocidades isocinéticas, os efeitos deletérios do alongamento estão presentes (CRAMER *et al.*, 2004; 2005; 2007; NELSON e BANDY, 2004; MAREK *et al.*, 2005).

Em conjunto com as afirmações relacionadas às estruturas viscoelásticas, os elementos contráteis também são defendidos por alguns pesquisadores como participantes indiretos dos efeitos do alongamento no desempenho muscular.

Existe uma controvérsia entre os artigos científicos sobre a possibilidade de uma maior excursão dos sarcômeros quando uma unidade músculo-tendínea apresenta-se mais alongada (NELSON *et al.*, 2001; RASSIER *et al.*, 2005; CRAMER *et al.*, 2007; HERDA *et al.*, 2008). Este maior percurso feito pelos sarcômeros favoreceria a produção de força muscular pelo aumento da velocidade de

encurtamento e da taxa de ligação das pontes cruzadas durante a contração (CRAMER *et al.*, 2007; HERDA *et al.*, 2008).

Segundo alguns autores, posicionar os sarcômeros em um comprimento de repouso maior do que antes de serem submetidos ao alongamento causaria, além de uma alteração na relação comprimento-tensão, mudanças na taxa de velocidade de encurtamento destes sarcômeros e alteração da posição ótima do sarcômero em produzir o pico de tensão (FOWLES *et al.*, 2000; NELSON *et al.*, 2001; RASSIER *et al.*, 2004; CRAMER *et al.*, 2007; HERDA *et al.*, 2008).

O tempo necessário para que a contração muscular alcance as velocidades isocinéticas pré-estabelecidas em avaliações (chamado de tempo de aceleração) também pode ser aumentado com o alongamento, indicando que alterações na relação força-comprimento e na velocidade de encurtamento do sarcômero citado possam ocorrer (NELSON *et al.*, 2001; CRAMER *et al.*, 2007).

Em outra perspectiva, alguns estudos dizem que uma unidade músculo-tendínea mais rígida seria capaz de melhorar a transferência da força produzida no músculo à alavanca óssea, melhorando o desempenho muscular dinâmico (PROSKE *et al.*, 1987 apud KUBO *et al.*, 2001a; BOJSEN-MOLLER *et al.*, 2005).

Com base nessas afirmações, seria ideal se houvesse uma unidade músculo-tendínea mais rígida e ao mesmo tempo alongada, capaz de otimizar o desempenho muscular dinâmico.

Uma vez que investigações sobre a relação entre a rigidez muscular passiva e flexibilidade precisam ser realizadas (AQUINO *et al.*, 2006), pode-se sugerir que estas duas propriedades podem contribuir de forma individual para o entendimento dos efeitos do alongamento nas propriedades mecânicas da unidade músculo-tendínea.

2.3.5 Efeitos do Alongamento nas Propriedades Neurais do Desempenho Muscular

Em relação aos efeitos do alongamento nas propriedades neurais, a amplitude do sinal EMG têm sido o maior indicador da resposta neural em avaliações do desempenho muscular (AVELA *et al.*, 1999; 2004; FOWLES *et al.*,

2000; CRAMER *et al.*, 2005; 2007; POWER *et al.*, 2004; MAREK *et al.*, 2005; BRADLEY *et al.*, 2007; RYAN *et al.*, 2008).

A amplitude do sinal eletromiográfico é relacionada com o recrutamento das unidades motoras e apontada como um indicador da força muscular (DeLUCA, 1997). Segundo alguns autores, a amplitude do sinal EMG pode refletir a produção de pico de torque isocinético (CRAMER *et al.*, 2002).

Alguns autores demonstraram que ocorre uma diminuição do recrutamento de unidades motoras durante a contração muscular quando esta é precedida por exercícios de alongamento (MAREK, *et al.*, 2005).

As alterações neurais ocasionadas pelo alongamento e registradas pelo sinal eletromiográfico estariam relacionadas aos efeitos da mudança na sensibilidade mecânica do fuso muscular e, conseqüentemente, no padrão de ativação e resposta neural (AVELA *et al.*, 1999; 2004; FOWLES *et al.*, 2000).

O alongamento prolongado, segundo Avela *et al.* (1999), alteraria o tipo, o número e a frequência de ativação das unidades motoras de acordo com a resposta sensitivo-mecânica do fuso muscular, resultando na diminuição do recrutamento das unidades motoras.

No estudo de Avela *et al.* (1999) constatou-se uma redução de 84,8% da amplitude do reflexo de alongamento após 1h de repetidos alongamentos. Segundo estes autores, o alongamento pode ter ocasionado uma redução na atividade das fibras aferentes de grande diâmetro. Esta redução implica na diminuição da sensibilidade dos fusos musculares aos movimentos repetidos do alongamento e conseqüentemente na depleção da resposta neural (AVELA *et al.*, 1999). Neste mesmo estudo, estes autores notaram diminuição do reflexo H após o alongamento estático, e atribuem este fato como um fator neural coerente na explicação da diminuição da força induzido pelo alongamento (AVELA *et al.*, 1999).

A alteração da propriedade viscoelástica da unidade músculo-tendínea também parece afetar a resposta proprioceptiva e, proporcionalmente, a contração muscular controlada pela ativação da unidade motora (AVELA *et al.*, 2004).

Fowles *et al.* (2000) relacionam as adaptações neurais à inabilidade temporária que um músculo alongado apresenta em ativar-se completamente, relacionando este efeito à persistência do reflexo dos OTG's, mecanorreceptores e nociceptores, ou até mesmo a mecanismos relacionados à fadiga muscular.

Outro mecanismo que pode envolver as adaptações neurais ao alongamento seria o aumento do limar de dor e, conseqüentemente, a alteração da tolerância do indivíduo ao alongamento, como alguns autores tem atribuído às respostas fisiológicas do alongamento por FNP (MAGNUSSON *et al.*, 1996a; MITCHELL *et al.*, 2007).

É possível que indivíduos com alta tolerância ao alongamento tenham aprendido a atenuar o reflexo da dor, fazendo com que os protocolos de alongamento utilizado em pesquisas científicas induzam um déficit pequeno ou inexistente (KOKKONEN *et al.*, 2005).

2.3.6 Efeitos Agudos dos Protocolos de Alongamento no Desempenho Muscular

Da mesma forma que a diferença entre os protocolos de alongamento trazem resultados distintos nas avaliações da ADM ou rigidez passiva, estas diferenças também ocorrem em resultados de pesquisas que avaliaram o desempenho muscular isocinético.

Segundo alguns autores, a curva ângulo-torque isocinética pode refletir a relação força-comprimento do músculo (ENOKA, 2000; BROCKETT *et al.*, 2001; McHUGH *et al.*, 2004). Assim, acredita-se que alterações no comprimento da unidade músculo-tendínea ocasionadas pelo alongamento afetariam o ponto ótimo em que o músculo gera tensão, alterando a curva tensão-comprimento (BROCKETT *et al.*, 2001; SALVELBERG *et al.*, 2003; McHUGH *et al.*, 2004).

De forma intrínseca, este ponto ótimo de geração de força é representado pela sobreposição dos miofilamentos de actina e miosina, onde maior força muscular pode ser gerada (SMITH *et al.*, 1997), e é indicado na curva ângulo-torque com o pico de torque (representando a força) e o ângulo do pico de torque (indicando a relação com o comprimento) (BROCKETT *et al.*, 2001; McHUGH *et al.*, 2004)

Neste sentido, uma diminuição do pico de torque é observada quando esta variável apresenta o “achatamento” da curva ângulo-torque, porém, sem ocasionar alteração da área total abaixo da curva (CRAMER *et al.*, 2007). Segundo Cramer *et*

al.(2007) isto pode ocorrer devido a distribuição da força muscular em outros ângulos articulares, podendo alterar também o ângulo do pico de torque.

As mudanças no ângulo do pico de torque são atribuídas ao aumento do tecido músculo-tendíneo em função da força aplicada a ele durante o alongamento (KAWAKAMI *et al.*, 2002). Entretanto, Cramer *et al.*(2007) observaram diminuição do pico de torque, do tempo de aceleração e da amplitude do sinal eletromiográfico, ao compararem os resultados antes e após a aplicação de um protocolo de alongamento estático (16 repetições de 30s). Porém, não encontraram alterações nas variáveis trabalho e ângulo do pico de torque.

Em relação aos efeitos de protocolos de alongamento com a técnica por FNP, quatro séries de diferentes exercícios, com quatro repetições de 30s de duração cada, causou a diminuição aguda de 2,8% do pico de torque e da amplitude do sinal EMG (MAREK *et al.*, 2005). Estes pesquisadores escolheram contrações concêntricas isocinéticas dos músculos extensores do joelho para avaliar o desempenho muscular máximo. Porém, nesta pesquisa avaliaram o desempenho muscular em uma velocidade isocinética considerada baixa ($60^{\circ} \text{ s}^{-1}$) seguida por uma velocidade de avaliação considerada alta ($300^{\circ} \text{ s}^{-1}$), podendo ter ocorrido a dissipação dos efeitos antes da segunda avaliação.

O mesmo protocolo de Marek *et al.* (2005) foi aplicado em pesquisas que avaliaram o desempenho isocinético e eletromiográfico de membros inferiores (CRAMER *et al.*, 2005; 2007). Neste caso, Cramer *et al.* (2005) encontraram uma diminuição significativa do pico de torque (3,3%) dos músculos extensores do joelho para ambas velocidades testadas ($60^{\circ} \text{ s}^{-1}$ e $240^{\circ} \text{ s}^{-1}$), além de uma redução significativa também em ambas velocidades na amplitude do sinal EMG. Em um artigo mais recente, Cramer *et al.* (2007) encontraram diminuição de 11% na amplitude do sinal de EMG e 3,4% de redução no pico de torque concêntrico dos músculos extensores de joelho de homens e mulheres nas velocidades $60^{\circ} \text{ s}^{-1}$ e $300^{\circ} \text{ s}^{-1}$.

Em contrações isométricas, sabe-se que o torque máximo dos músculos flexores do joelho ocorre nas posições de maior alongamento do músculo (entre 15 e 30 graus) (MOHAMMED *et al.*, 2002).

Onishi *et al.* (2002) verificaram que a atividade EMG dos músculos flexores do joelho varia de acordo com a mudança no ângulo de flexão do joelho e comprimento do músculo. Porém, esta constatação foi realizada em condição não-isométrica

(velocidade de teste de 30°/s e amplitude de 0° a 120°). Estes autores revelam que, apesar de variar, o sinal EMG é maior em ângulos do joelho entre 15° e 30°, diminuindo com o aumento da amplitude de movimento (de 30° a 120°).

Pesquisas que utilizaram protocolos de alongamento passivo com duração de 30 min encontraram déficits de 28% no pico de torque isométrico (FOWLES *et al.*, 2000). Assim ocorreu também com um protocolo de alongamento estático e balístico formado com um tempo total de 10 minutos cada. Estes protocolos foram aplicados nos músculos flexores de joelho, onde obteve-se 10% de redução da força isométrica total em músculos flexores de joelho (HERDA *et al.*, 2008). Após 10 min de exercícios de alongamento estático também foram encontrados 7% de redução na força isométrica máxima (WEIR *et al.*, 2005).

Muitas pesquisas procuraram verificar os efeitos dos alongamentos utilizando protocolos de longa duração, sugerindo que estes pudessem ser capazes de modificar a estrutura da unidade músculo-tendínea, de modo que algum efeito pudesse ser averiguado e compreendido. Contudo, a maioria destes protocolos não são recomendados pela ACSM e também não são praticados no dia-a-dia de atletas e fisioterapeutas (RUBINI *et al.*, 2007). Especificamente, poucos estudos foram encontrados avaliando os efeitos agudos do alongamento por FNP no desempenho muscular. No entanto, Rubini *et al.* (2007) reforçam que mesmo exercícios de alongamento de curta duração, recomendados na literatura científica, podem causar diminuição significativa no desempenho muscular.

A exemplo da afirmação de Rubini *et al.* (2007), Mello e Gomes (2005) observaram diminuição na força dos músculos extensores e flexores de joelho (11,4% e 4,8%, respectivamente) após a aplicação do alongamento por FNP, sendo este constituído do número de repetições e do tempo de manutenção recomendados pela ACSM.

Rubini *et al.* (2005) também encontraram uma diminuição significativa em contrações isométricas à 30° (10,9%) e à 45° (12,3%), observada imediatamente após um protocolo de alongamento por FNP constituído de 4 repetições de 30s de duração.

Um protocolo curto de alongamento estático de 30s também provocou déficits no pico de torque isocinético (5.5%, a uma velocidade de 60° s⁻¹ e 5.8%, a uma velocidade de 180° s⁻¹). Déficits também foram encontrados após 60s de alongamento (11.6% à 60° s⁻¹ e 10.0% à 180° s⁻¹) sendo esses déficits atribuídos

pelos autores às mudanças nas propriedades neurais e mecânicas (SIATRAS *et al.*, 2008). O mesmo protocolo também causou déficits significativos na flexão máxima de joelho (OGURA *et al.*, 2007).

Em contrapartida, um protocolo de alongamento estático curto (30s) não causou alteração no pico de torque concêntrico do músculo quadríceps de jogadores de futebol (ZAKAS *et al.*, 2006a). Porém, houve déficits significantes com protocolos longos formados por 5 min e 8 min em todas as velocidades isocinéticas ($60^{\circ} \text{ s}^{-1}$, $90^{\circ} \text{ s}^{-1}$, $150^{\circ} \text{ s}^{-1}$, $210^{\circ} \text{ s}^{-1}$ e $270^{\circ} \text{ s}^{-1}$) (ZAKAS *et al.*, 2006a).

Grego Neto e Manffra (2009) observaram diminuição no pico de torque e no trabalho máximo utilizando um protocolo de alongamento estático formado por 8 repetições de 45s cada (total de 6 min). No entanto, um protocolo de alongamento estático formado pela por 4 repetições de 45s não foi capaz de alterar nem o pico de torque nem o trabalho máximo (GREGO NETO e MANFFRA, 2009).

Um protocolo de alongamento considerado curto, formado por 3 repetições de 15s e outro por 3 repetições de 30s, causaram déficits no pico de torque (BRANDENBURG, 2006). No entanto, este autor realizou o teste do desempenho muscular isocinético concêntrico, seguido de um teste excêntrico, finalizando com um teste isométrico do mesmo sujeito, permitindo apenas 1 min de intervalo entre os testes. Isto sugere a possibilidade de ter ocorrido a dissipação dos efeitos do alongamento logo após a primeira avaliação muscular.

Contrapondo os resultados apresentados anteriormente, Ryan *et al.* (2008) não encontraram alteração no pico de torque concêntrico e no valor RMS do sinal EMG após aplicarem protocolos de alongamento estático considerados de curta duração. Os protocolos utilizados eram constituídos de 4, 8 e 16 repetições de 30s, sendo observados seus efeitos imediatamente e após 10, 20 e 30min das sessões de alongamento. Estes pesquisadores averiguaram 6% de redução na força apenas após o protocolo mais longo (8 min), sugerindo a existência de um limite entre 8 e 10 min capaz de delimitar o impacto negativo no desempenho muscular. Protocolos com duração acima de 10 min causam efeitos deletérios no desempenho muscular (FOWLES *et al.*, 2000; WEIR *et al.*, 2005; HERDA *et al.*, 2008).

2.3.7 Efeitos Crônicos dos Exercícios de Alongamento no Desempenho Muscular

Ao contrário dos efeitos agudos do alongamento, quando estes exercícios são praticados freqüentemente podem trazer benefícios à longo prazo (efeito crônico).

Um protocolo de curta duração formado por 4 repetições de 30s trouxe benefícios tanto para a flexibilidade quanto para a força muscular quando incluído em um treino de flexibilidade realizado cinco vezes por semana, durante seis semanas (FERREIRA *et al.*, 2007). Ferreira *et al.* (2007) verificaram que o protocolo citado anteriormente otimizou o ângulo do pico de torque e aumentou a variável trabalho dos músculos flexores do joelho em duas diferentes velocidades isocinéticas ($60^{\circ} \text{ s}^{-1}$ e $300^{\circ} \text{ s}^{-1}$).

Outros estudos também verificaram os benefícios em longo prazo do alongamento (HANDEL *et al.*, 1997; GUISSARD *et al.*, 2004; VIEIRA *et al.*, 2005; KOKKONEN *et al.*, 2007; REES *et al.*, 2007).

Um protocolo de alongamento por FNP constituído de um tempo total de 10 min, realizado três vezes por semana durante 8 semanas, foi capaz de influenciar favoravelmente a forma da curva de torque, comprovando não somente a eficiência do alongamento estático como também da técnica por FNP no desempenho muscular (HANDEL *et al.*, 1997). Assim também confirmaram Vieira *et al.* (2005) em seus estudos obtendo um aumento na ADM e no desempenho muscular concêntrico (pico de torque) após aplicarem por 3 semanas um protocolo de alongamento por FNP constituído de cinco repetições de 30s.

Outro estudo recente confirmou os benefícios do alongamento por FNP a longo prazo, mostrando que um protocolo realizado 3 vezes por semana durante 4 semanas foi capaz de aumentar a ADM e a força muscular (REES *et al.*, 2007). O componente de contração ativa do protocolo de alongamento por FNP torna a unidade músculo-tendínea mais rígida com o tempo, fazendo com que esta unidade seja capaz de armazenar e reutilizar energia elástica com mais eficiência durante a contração muscular (REES *et al.*, 2007).

Exercícios de alongamento estático, praticados por 10 semanas (3 vezes por semana) aumentam o desempenho dos músculos da extremidade inferior (KOKKONEN *et al.*, 2007). Estes foram avaliados em diferentes modalidades no

desempenho da potência (salto vertical), força (uma repetição máxima de flexão e extensão de joelho) e resistência (número de repetições a 60% da repetição máxima de flexão e extensão de joelho) (KOKKONEN *et al.*, 2007). Estes autores sugerem que pessoas que não podem praticar atividades de força tradicionais podem experimentar os benefícios do ganho de força através de treinos de alongamento como meio de inserir estes aos treinos tradicionais.

2.3.8 Efeitos dos Exercícios de Alongamento em Diferentes Atividades de Desempenho Muscular

Utilizando um protocolo de alongamento estático e por FNP, considerado de longa duração (10 min), Bradley *et al.* (2007) encontraram diminuição imediata no desempenho do salto vertical que perdurou por até 15 min após a realização do alongamento.

Em contrapartida, nenhum efeito negativo foi encontrado em mulheres praticantes de salto vertical (UNICK *et al.*, 2005) e no pico de torque concêntrico de jogadoras colegiais de basquete (EGAN *et al.*, 2006).

A ausência de efeitos negativos no desempenho muscular de atletas profissionais pode sugerir que mecanismos adaptativos destes atletas os tivessem favorecidos (EGAN *et al.*, 2006). O efeito negativo, contudo, é encontrado na maioria da população, dependendo dos diferentes fatores citados anteriormente (SHRIER, 2004; RUBINI *et al.*, 2007).

Magnusson e Renström (2006) publicaram em nome do Colégio Europeu de Ciências do Esporte (CECE) a posição deste órgão em relação ao papel do alongamento em atividades esportivas. Neste artigo os autores mostraram o consenso de que durante o alongamento estático as propriedades mecânicas seriam afetadas somente durante o exercício, causando um relaxamento da tensão músculo-tendínea, e desaparecendo alguns minutos após cessar a tensão do alongamento.

Outro aspecto relacionado aos ganhos na ADM seria que estes estão mais ligados ao aumento da tolerância ao alongamento do que às mudanças nas

propriedades mecânicas da unidade músculo-tendínea (MAGNUSSON e RENSTRÖM, 2006).

Em relação à força muscular e o desempenho no salto, Magnusson e Renström (2006) afirmaram que estas ações podem ter reduzido o desempenho imediatamente após exercícios de alongamento, porém, treinos de flexibilidade por um longo período podem aumentar a força máxima e a altura do salto.

Ao fim desta revisão bibliográfica pode-se constatar que muitas pesquisas já foram realizadas sobre o efeito do alongamento na UMT. Porém, as variáveis abordadas nesta pesquisa continuam sendo exploradas por diversos pesquisadores atualmente, os quais motivam a continuidade do questionamento e a expansão do conhecimento sobre o assunto.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa foi realizada no Centro de Dinamometria Isocinética da Clínica Escola de Fisioterapia e no Laboratório de Engenharia de Reabilitação (LER) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, localizados no Campus I, em Curitiba. A abordagem aos possíveis voluntários da pesquisa, bem como a coleta de dados só foram realizadas após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da PUCPR, segundo o parecer número 0002177/08 (ANEXO C).

3.1 POPULAÇÃO

Os seguintes critérios foram preenchidos para que os voluntários fossem incluídos nesta pesquisa:

- a) sexo masculino;
- b) faixa etária entre 18 e 28 anos;
- c) índice de massa corporal (IMC) entre os níveis de normalidade (19 a 25) (POWERS, 2000).

Os voluntários eram excluídos da pesquisa se apresentassem alguns dos seguintes critérios:

- a) afecções osteo-mio-articulares de quadril, joelho e tornozelo;
- b) cirurgias recentes que comprometessem a realização de qualquer atividade física;
- c) histórico de lesão músculo-esquelética nos últimos 6 meses.

3.2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Para esta pesquisa, foi necessário que os voluntários comparecessem por três diferentes dias na clínica de fisioterapia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) para as sessões de coleta de dados.

No primeiro dia, foi realizada uma avaliação física inicial e obtidos os valores de torque que permitiram distribuir os indivíduos em três grupos homogêneos em relação à capacidade de produção de força. O primeiro grupo foi formado por 14 voluntários (FNP1), o segundo também por 14 voluntários (FNP2) e o terceiro, o grupo Controle, por 15 voluntários. No segundo dia, os estes foram submetidos à avaliação do torque passivo antes e após aplicação dos protocolos de alongamento, de acordo com a divisão dos grupos realizada no primeiro dia. Por fim, no terceiro dia, foi realizada uma avaliação do torque ativo, que incluía as avaliações isocinética e eletromiográfica (EMG), dispostas também antes e após a aplicação dos protocolos de alongamento.

Todas as três sessões de coleta dos dados foram agendadas de acordo com a disponibilidade dos voluntários, mantendo um intervalo de 24h. Este intervalo foi baseado nos estudos de Parcell *et al.* (2002) que afirmam que o período mínimo de recuperação do músculo após exercícios isocinéticos é de 3 minutos. Da mesma forma, Spernoga *et al.* (2006) afirmam que alterações significativas na unidade músculo-tendínea ocorrem somente após uma rotina regular de alongamento, e que a duração do efeito da técnica por FNP permanece em torno de 6 minutos.

Com o intuito de certificar as adaptações individuais de cada voluntário, o intervalo de todos os testes foram estendidos para 24h.

3.2.1 Procedimentos para a Avaliação Inicial

Esta etapa foi destinada à avaliação física e a uma avaliação isocinética inicial. A avaliação isocinética forneceu o pico de torque para posterior distribuição dos voluntários nos respectivos grupos e para que estes fossem balanceados em

relação a esta variável isocinética. De acordo com Dvir (2002), o pico de torque é um bom indicador da força muscular.

Em uma ficha de anamnese (Apêndice B), foram registrados os dados antropométricos, bem como informações sobre a prática de exercícios físicos e de alongamento. Nesta etapa, foi utilizada uma balança mecânica (*Techline*[®], modelo AAS 320), com precisão de 0,3 % para mensurar a massa corporal e a estatura foi obtida por um estadiômetro de parede (*Sanny*[®], modelo ES2020).

A ficha de avaliação isocinética, anexo A, também foi preenchida neste dia como parte do protocolo de avaliação do setor de Dinamometria Isocinética e também para referência na realização dos próximos testes no dinamômetro isocinético.

Após o registro dos dados, todos os indivíduos foram submetidos a um aquecimento sistêmico, seguido por um aquecimento específico (protocolo de familiarização), necessários para o teste isocinético que seria realizado posteriormente.

Cada procedimento pode ser visto sequencialmente no fluxograma apresentado na figura 4 e serão descritos detalhadamente a seguir.



Figura 4 - Fluxograma com a sequência dos procedimentos experimentais durante a avaliação inicial e os intervalos de tempo entre cada procedimento.

Fonte: O autor

3.2.1.1 Aquecimento Sistêmico

Os voluntários realizaram um aquecimento sistêmico durante 5 min em bicicleta ergométrica (*Moviment*[®], modelo Biocycle 2600 Eletromagnetic) com a resistência mínima oferecida pelo equipamento (0,5 kpm – *kilopound.metro*). O

posicionamento do voluntário na bicicleta pode ser visto na figura 5. Este tempo e carga são considerados suficientes para aumentar a circulação sanguínea periférica a um nível que cause aquecimento do tecido músculo-tendíneo (ZAKAS, 2005).



Figura 5 - Voluntário realizando o aquecimento sistêmico na bicicleta ergométrica.
Fonte: O autor

3.2.1.2 Aquecimento Específico (Familiarização)

O protocolo de familiarização (ou aquecimento específico) da avaliação isocinética é recomendado pelo manual do equipamento (CYBEX NORM, 1998) e foi constituído de três repetições. Estas repetições eram iniciadas com a extensão, seguidas pela flexão do joelho no modo concêntrico em velocidade angular de 60°s^{-1} ao longo de uma ADM delimitada entre 0° e 100°

As escolhas dos valores de velocidade e ADM foram feitas de acordo com recomendações da literatura. Para Dvir (2002), uma faixa recomendável de velocidade para a avaliação da articulação do joelho estaria entre 60 e 180°s^{-1} . A velocidade de avaliação isocinética escolhida produz uma forma de curva de torque cuja interpretação é facilitada, desde que sejam feitas as devidas correções da

gravidade (YOON *et al.*, 1991), além de prover uma melhor relação agonista/antagonista (AAGAARD *et al.*, 2000). Segundo as recomendações da Cybex Norm (1998), a ADM de flexão de joelho durante as avaliações isocinéticas deve ser limitada entre 0° e 135°, considerando o ângulo 0° como a posição de extensão máxima do joelho.

Os voluntários foram orientados a realizar a primeira contração com uma força considerada fraca, com aproximadamente 40% da força máxima. A segunda contração deveria ser realizada próxima da força máxima, atingindo aproximadamente 80% desta força, e a última em seu nível máximo. Desta forma, esperou-se que os voluntários pudessem dosar a força muscular de forma correta quando a mesma fosse exigida em seu nível máximo, posteriormente.

Tanto para a familiarização quanto para a avaliação isocinética propriamente dita, os voluntários permaneceram na mesma posição no dinamômetro que será descrita na seção seguinte.

3.2.1.3 Avaliação Isocinética

A avaliação isocinética foi realizada com o voluntário em decúbito ventral sobre a cadeira do dinamômetro reclinada em 180° (DVIR, 2002). Os voluntários foram posicionados de modo que o eixo mecânico de rotação do aparelho estivesse alinhado com o epicôndilo lateral do fêmur de acordo com as recomendações de Dvir (2002) e Cybex Norm (1998).

Uma faixa de Velcro® foi utilizada para fixar o quadril do voluntário na cadeira do dinamômetro, assim como o membro inferior a ser avaliado, de acordo com as instruções do manual do equipamento (CYBEX NORM, 1998).

O tornozelo dos voluntários foi posicionado e fixado em posição neutra com uma bota de imobilização (Mercur®, *Robofoot*) (Figura 6). Este procedimento foi adotado com a intenção de evitar a ação dos músculos gastrocnêmios pois Grego Neto *et al.* (2006) constataram que músculos gastrocnêmios treinados potencializam o desempenho isocinético dos músculos flexores do joelho. Estes músculos são

importantes flexores da articulação do tornozelo e atuam como sinergistas durante o movimento de flexão do joelho (SMITH *et al.*, 1997).

A avaliação isocinética foi constituída de três repetições concêntricas máximas do movimento de extensão e flexão do joelho, as quais foram encorajadas verbalmente pelo mesmo avaliador. O posicionamento do voluntário, assim como a direção dos movimentos, podem ser vistos na figura 6.

A ADM do joelho, a velocidade da avaliação e a seqüência do movimento (primeiro extensão depois flexão) foram as mesmas utilizadas durante o aquecimento específico, descrito no item 3.2.1.2.

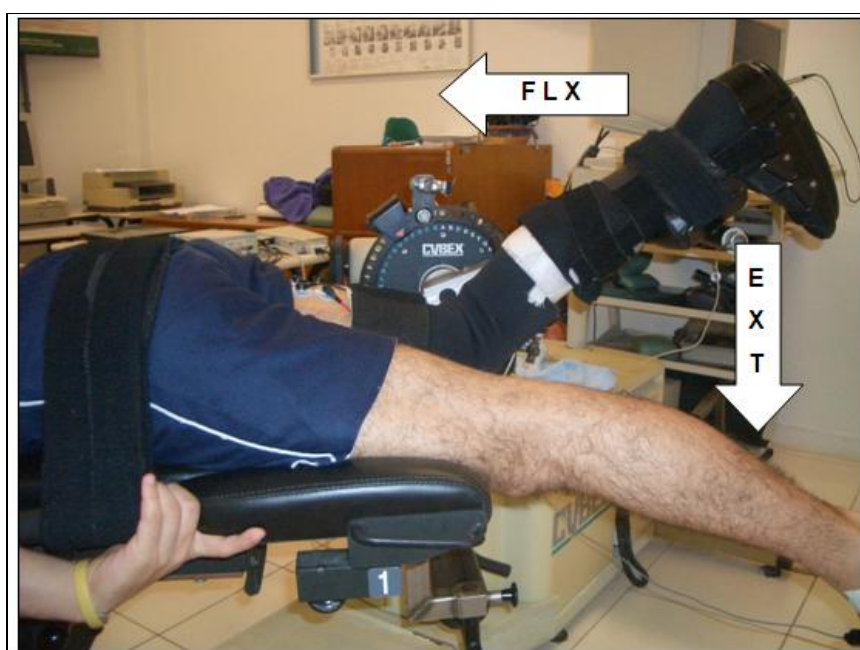


Figura 6 - Posicionamento do voluntário em decúbito ventral na cadeira do dinamômetro isocinético. As setas brancas indicam a direção do movimento de extensão e flexão determinadas para o teste (FLX = Flexão; EXT = Extensão).

Fonte: O autor

3.2.2 Procedimentos para Avaliação do Torque Passivo

Para avaliar o efeito agudo dos protocolos de alongamento na ADM e na rigidez músculo-tendínea dos músculos flexores do joelho, foi estabelecido um protocolo de avaliação da ADM e um protocolo para a avaliação da rigidez por meio do teste do torque passivo. A seqüência dos procedimentos, bem como os intervalos de tempo aproximados entre eles, podem ser vistos no fluxograma apresentado na figura 7 e será descrita detalhadamente nos próximos tópicos.

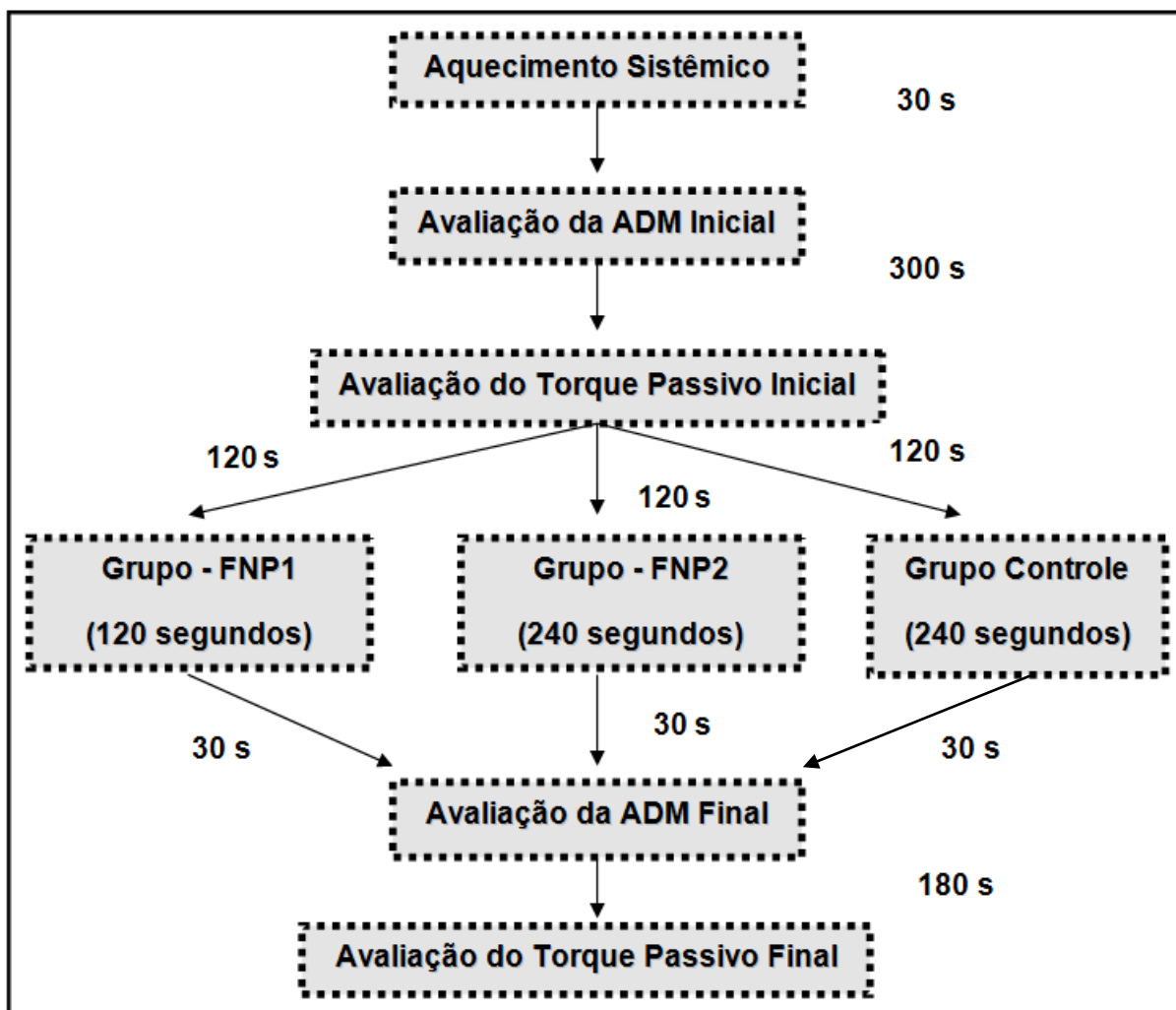


Figura 7 - Fluxograma com a descrição dos procedimentos metodológicos e os tempos de intervalo estimados para a realização da coleta dos dados na avaliação do torque passivo.

Fonte: O autor

3.2.2.1 Aquecimento Sistêmico

Os voluntários realizaram um aquecimento como o descrito no item 3.2.1.1.

3.2.2.2 Avaliação da ADM

Cada voluntário foi submetido a uma avaliação da ADM do ângulo poplíteo utilizando um flexímetro (*ICP®*, modelo1406). Esta avaliação é utilizada para

identificar o limite de alongamento dos músculos flexores do joelho (KRABAK *et al.*, 2001; BATISTA *et al.*, 2006).

Para esta avaliação, dois alunos de fisioterapia foram devidamente treinados para realizar o teste juntamente com o pesquisador. Esta medida foi adotada, pois percebeu-se a necessidade de auxílio para a realização do procedimento.

A adoção deste auxílio exigiu que uma avaliação de repetibilidade fosse feita para garantir que todos os avaliadores realizassem o mesmo teste com o mínimo de variação possível. A fim de verificar a magnitude do erro introduzido por este processo de medida, os três avaliadores realizaram dez medidas de ADM. Posteriormente, foram calculados os desvios-padrão destas medidas. O resultado dos cálculos demonstrou que o desvio-padrão das medidas feitas pelo mesmo avaliador foi de aproximadamente um grau e entre diferentes avaliadores este desvio ficou menor que um grau (Apêndice D, Tabela D1).

Inicialmente os voluntários eram posicionados em decúbito dorsal e o membro inferior contralateral fixado com uma faixa de Velcro® na região proximal da coxa. Em seguida, o flexímetro era fixado lateralmente na região proximal da perna, abaixo da cabeça da fíbula. Esta posição era marcada com uma caneta esferográfica para o reposicionamento do equipamento após o alongamento.

Após a fixação do flexímetro, o avaliador posicionava as articulações do quadril e do joelho em 90° (BANDY *et al.*, 1997). Para criar uma referência para o ângulo de flexão de quadril e apoiar o joelho do voluntário durante o teste, foi construído um suporte de altura regulável. A posição inicial do teste assim como os equipamentos utilizados para o mesmo podem ser vistos na figura 8.

O avaliador mantinha o joelho do voluntário encostado no suporte com a mão esquerda. A partir da posição inicial (90° de flexão de quadril e 90° de flexão de joelho), a perna era elevada passivamente com a mão direita do avaliador (BANDY e IRION, 1994; KRABAK *et al.*, 2001; POLACHINI *et al.*, 2005; BATISTA *et al.*, 2006).

Durante o teste o avaliador verificava se haviam compensações como a elevação ou rotação do quadril, e orientava verbalmente, caso ocorresse, para o voluntário retornar ao alinhamento e à posição de relaxamento do quadril. Se o voluntário não conseguisse manter o posicionamento correto, o teste era interrompido e o próprio avaliador posicionava o segmento novamente.



Figura 8 - Posicionamento inicial para a avaliação da ADM da articulação do joelho, suporte de altura regulável e local de fixação do flexímetro.

Fonte: O autor

Os voluntários eram instruídos a manter os músculos flexores do joelho tão relaxados quanto possível, especialmente durante o movimento (BATISTA *et al.*, 2006).

O movimento de elevação da perna (ou extensão do joelho) foi realizado sem que o avaliador olhasse o registro do flexímetro até o momento em que os voluntários referissem uma sensação de tensão muscular máxima, porém, sem dor (MAGNUSSON *et al.*, 1996b; 2000b; AVELA *et al.*, 1999). De acordo com Branco *et al.* (2006), esta informação é uma sensação subjetiva, porém confiável. O posicionamento final da avaliação da ADM pode ser visualizado na figura 9.

O teste foi realizado por três vezes e a média das três mensurações foi utilizada neste estudo.



Figura 9 - Posição final de extensão do joelho na avaliação da ADM.
Fonte: O autor

3.2.2.3 Teste do Torque Passivo

Posteriormente à avaliação da ADM, todos os voluntários realizaram o teste do torque passivo no dinamômetro isocinético (*Cybex*[®], modelo *NORM 7000*). Para isso, utilizou-se o módulo de membros inferiores do dinamômetro.

Para registrar o ângulo articular, um eletrogoniômetro (*EMG System do Brasil*) foi adaptado em uma joelheira flexível de neoprene (*Mercur*[®]).

Os voluntários permaneciam sentados na cadeira do dinamômetro com o joelho em extensão para que a joelheira fosse vestida e o eletrogoniômetro posicionado na face lateral do joelho.

Durante este posicionamento, o eixo de rotação do eletrogoniômetro era alinhado em relação ao epicôndilo lateral do fêmur, considerado um ponto anatômico de referência para as avaliações de joelho (DVIR, 2002). As hastes distal e proximal do equipamento deveriam indicar uma posição próxima de 180°, como pode ser visto na figura 10.

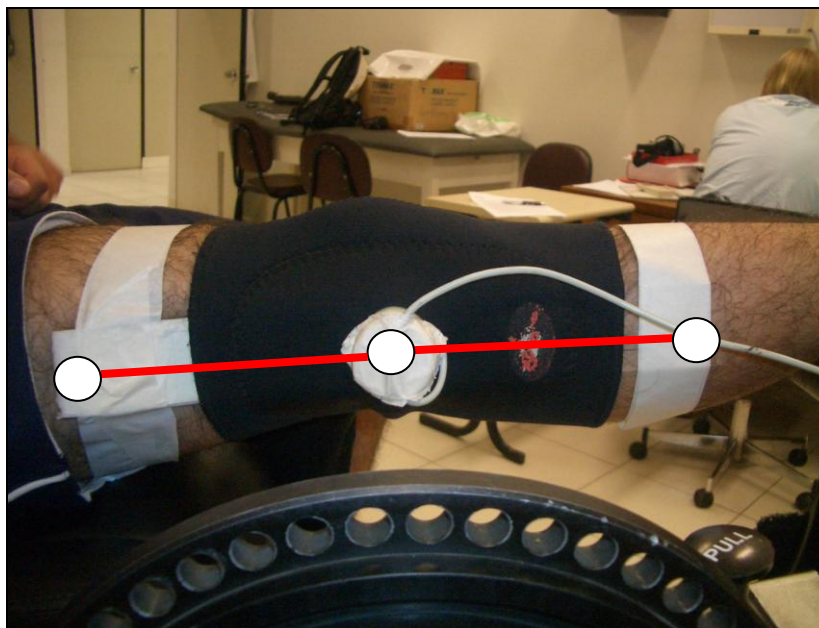


Figura 10 - Posicionamento e fixação do eletrogoniômetro adaptado na joelheira. As hastes distal e proximal do eletrogoniômetro eram fixadas com fita adesiva em torno da coxa e da perna, respectivamente.

Fonte: O autor

Após o posicionamento e a fixação do equipamento, o movimento de flexão e extensão era realizado passivamente pelo pesquisador para verificar a liberdade de movimento articular.

O eixo mecânico de rotação do dinamômetro era alinhado com o eixo do eletrogoniômetro, em seguida a perna era fixada no braço de resistência do dinamômetro com uma faixa de Velcro®, logo acima da articulação do tornozelo, de modo que esta permanecesse livre.

Outra faixa de Velcro® era passada sobre a região distal da coxa, um pouco acima do joelho, garantido que essa região ficasse estável e houvesse uma melhor fixação do eixo proximal do eletrogoniômetro. O posicionamento descrito acima pode ser visto na figura 11.

Para o teste do torque passivo, o dinamômetro isocinético foi ajustado no modo mobilização contínua passiva (MCP) a uma velocidade de 5° s^{-1} . (MAGNUSSON *et al.*, 1996a; MAHIEU, *et al.*, 2007).



Figura 11 - Posicionamento e fixação do membro inferior a ser submetido ao teste do torque passivo. A linha em vermelho indica o alinhamento dos eixos biológico e mecânico.

Fonte: O autor

O protocolo deste teste foi desenvolvido como forma de simular uma manobra passiva de alongamento estático lentamente, de acordo com os estudos de Blackburn *et al.* (2004). Segundo esses autores, a baixa velocidade utilizada minimiza a possibilidade de alguma atividade reflexa dos músculos flexores do joelho. Magnusson *et al.* (1996a), Gajdosik *et al.* (1999) e Mahieu *et al.* (2007) verificaram também que esta velocidade de alongamento passivo é lenta o suficiente para não desencadear atividade EMG significativa. De acordo com Mahieu *et al.* (2007), caso ocorresse atividade EMG, esta não poderia ultrapassar em 2% da contração voluntária máxima do grupo muscular analisado.

Os voluntários permaneciam na posição de flexão de tronco durante todo o teste. Apesar de não garantir que o torque passivo máximo fosse registrado, esta postura foi escolhida devido à posição de tensão biomecanicamente favorável dos músculos flexores do joelho (ENOKA, 2000). Na posição sentada, a extensão final

do joelho poderia ser alcançada sem que houvesse registro da rigidez músculo-tendínea, considerando ainda, entre outros fatores, a variabilidade individual dos voluntários no comprimento e na rigidez muscular.

A fim de posicionar o indivíduo no mesmo ângulo de flexão de tronco nas condições pré e pós-alongamento, este ângulo foi medido com auxílio de um flexímetro fixado lateralmente na altura da espinha ilíaca ântero-superior (EIAS) seguindo as recomendações do manual do equipamento (Avaliando a Flexibilidade - *Fleximeter*[®], 1997). A tabela com os valores da ADM de flexão de tronco inicial e final pode ser vista no apêndice D (tabela D2).

A fim de garantir que o quadril do indivíduo permanecesse em contato com a cadeira durante todo o tempo, foi transpassada uma faixa de velcro sobre as costas dos voluntários e um leve apoio manual sobre a coluna torácica e lombar era realizado de modo que fosse impedido também a extensão da coluna durante o teste. Este posicionamento pode ser visto na figura 12.

Logo após o posicionamento na cadeira, os voluntários eram lembrados de como ocorreria o teste. Durante toda a avaliação também era requisitado verbalmente que os voluntários mantivessem os músculos anteriores e posteriores da coxa tão relaxados quanto possível.

O protocolo de avaliação do teste consistiu em uma única extensão passiva de joelho até a posição onde o voluntário sentisse a sensação de tensão máxima sem dor (BRANCO *et al.*, 2006).



Figura 12 - Posicionamento antes do início do teste do torque passivo.

Fonte: O autor

Os indivíduos eram instruídos neste momento a acionar o botão direito de um *mouse* (conectado ao sistema do dinamômetro isocinético). Este posicionamento pode ser visto na figura 13.

A fim de auxiliar o indivíduo na escolha do momento adequado para o acionamento do *mouse*, orientava-se aos mesmos que se lembrassem da avaliação da ADM a qual foram submetidos poucos minutos antes. Eles deveriam identificar a mesma sensação da avaliação da ADM, embora estivessem em uma posição diferente.



Figura 13 - Posição do voluntário durante o teste do torque passivo. A seta branca indica o sentido do movimento do braço de alavanca durante o teste.

Fonte: O autor

3.2.2.4 Procedimentos para a Aplicação dos Protocolos de Alongamento

Nesta etapa, os voluntários dos grupos FNP1 (N=14) e FNP2 (N=14) foram submetidos aos seus respectivos protocolos de alongamento e o grupo C (N=15) permaneceu em repouso, como mostra a figura 14.

Os voluntários dos grupos FNP1 e FNP2 foram posicionados em decúbito dorsal sobre uma maca. O alongamento em decúbito dorsal segundo DeCoster *et al.* (2004) é considerado tão efetivo quanto a técnica realizada em pé para o aumento da flexibilidade dos músculos isquiotibiais. O posicionamento em decúbito dorsal também tem como vantagens possibilitar melhor isolamento dos músculos isquiotibiais, permitir maior relaxamento muscular e ser mais seguro e confortável para pessoas com história de dor em coluna lombar, segundo os estudos de DeCoster *et al.* (2004).

Grupo FNP1 (n=14)	Grupo FNP2 (n=14)	Grupo Controle (n=15)
▪ 4 repetições ▪ 30s de manutenção	▪ 8 repetições ▪ 30s de manutenção	▪ Repouso por 4min

Figura 14 - Protocolos de alongamento por FNP utilizados em cada grupo e grupo Controle

Fonte: O autor

Uma faixa de Velcro® foi utilizada para prender o terço proximal da coxa contralateral na maca a fim de evitar compensações como o joelho e quadril, além de garantir a eficiência do exercício (PAPADOPOULOS *et al.*, 2005). O avaliador permaneceu ainda com o joelho direito sobre esta faixa e com a perna esquerda estendida, de modo que o pé alcançasse o chão. Desta forma, foi possível evitar as compensações citadas anteriormente e melhorar o apoio e a mobilidade do avaliador. Este posicionamento pode ser visto na figura 15.



Figura 15 - Posicionamento e sentido (seta branca) da execução do alongamento por FNP nos músculos isquiotibiais.

Fonte: O autor

O movimento inicial foi realizado lentamente pelo pesquisador até uma ADM onde o voluntário referia-se a mesma sensação de desconforto sem dor nos isquiotibiais já descrita anteriormente e sugerida por Branco *et al.* (2006). Para que a musculatura flexora plantar não fosse alongada o avaliador evitava posicionar a mão próxima ao calcanhar do voluntário, possibilitando a aplicação da técnica de alongamento, principalmente aos músculos flexores do joelho.

Em seguida, os voluntários eram incentivados a contrair a musculatura extensora do joelho. Uma resistência era imposta pela mão direita do pesquisador no terço distal da face anterior da coxa, com o auxílio de uma faixa de Velcro® que envolvia o quadril do avaliador e a coxa do voluntário. Este procedimento foi escolhido para garantir a extensão completa do joelho e auxiliar o avaliador a resistir a contração muscular. O comando para a contração muscular foi feito verbalmente de modo que o voluntário realizasse uma força máxima e esta fosse mantida por 6s (BONNAR *et al.*, 2004).

Após cessar a contração muscular, solicitava-se o relaxamento da musculatura pélvica e buscava-se um ângulo maior de flexão de quadril até uma posição onde o indivíduo referisse novamente a sensação de desconforto muscular (DAVIS *et al.*, 2005). A posição final da ADM alcançada foi mantida de acordo com os protocolos definidos para cada grupo.

O protocolo de alongamento definido para o grupo FNP1 consistiu em uma série de 4 repetições com um tempo de manutenção de 30s, totalizando 120s (2 min) de alongamento (ACSM, 2003).

Para o grupo FNP2 foi aplicado um protocolo de alongamento por FNP com tempo total de 240s (4 min), que consistiu em uma série de 8 repetições de 30s cada.

Os dois protocolos possuíam intervalos de 30s entre cada repetição, de acordo com os estudos de Gama *et al.* (2007).

Os voluntários do grupo controle permaneceram em repouso entre uma avaliação e outra por um período de 4 min. Este tempo de duração foi correspondente ao tempo total do protocolo mais longo.

Os protocolos de alongamento foram elaborados de acordo com o Colégio Americano de Medicina Esportiva (ACSM). Este preconiza que um tempo mínimo de 30s de duração em cada repetição do alongamento é necessário para provocar um aumento imediato na ADM articular, alterando fisiologicamente e mecanicamente a unidade músculo-tendínea (ACSM, 2003).

O ACSM (2003) também afirma que os alongamentos devem ser realizados com o número de 3 a 4 repetições. Para esta pesquisa, optou-se utilizar um protocolo de 4 repetições, seguindo as recomendações do ACSM, e um protocolo com o dobro de repetições, a fim de averiguar o impacto do número de repetições na unidade músculo-tendínea.

Imediatamente após a aplicação dos protocolos ou repouso para o grupo controle, uma reavaliação da ADM foi feita (tal como descrito no item 3.2.2.2) e, em seguida, o voluntário foi submetido a uma reavaliação do torque passivo descrita anteriormente no item 3.2.2.3.

3.2.3 Procedimentos para a Avaliação do Torque Ativo e Atividade Eletromiográfica

Na avaliação do torque ativo foi testado o efeito agudo dos protocolos de alongamento no desempenho muscular isocinético e na atividade eletromiográfica. As etapas dos procedimentos experimentais estão no fluxograma da figura 16.

Antes de realizarem o aquecimento sistêmico, os voluntários foram submetidos à preparação da pele para o posicionamento dos eletrodos de eletromiografia.

Tanto a técnica de preparação da pele quanto a determinação do local de posicionamento e fixação dos eletrodos seguiram as normas da (SENIAM, 2000). De acordo com a SENIAM (2000) estes procedimentos devem ser realizados com os voluntários em decúbito ventral em uma maca.

Para realizar a tricotomia, e determinar o local de fixação dos eletrodos, eram palpados os pontos anatômicos referentes à origem e à inserção dos músculos bíceps femoral (tuberosidade isquiática e epicôndilo lateral da tíbia) e semitendinoso (tuberosidade isquiática e epicôndilo medial da tíbia respectivamente) (SENIAM, 2000). A região medial entre a origem e a inserção era demarcada com uma caneta esferográfica. Esta região era localizada visualmente, não sendo utilizada fita métrica ou outro equipamento de mensuração.

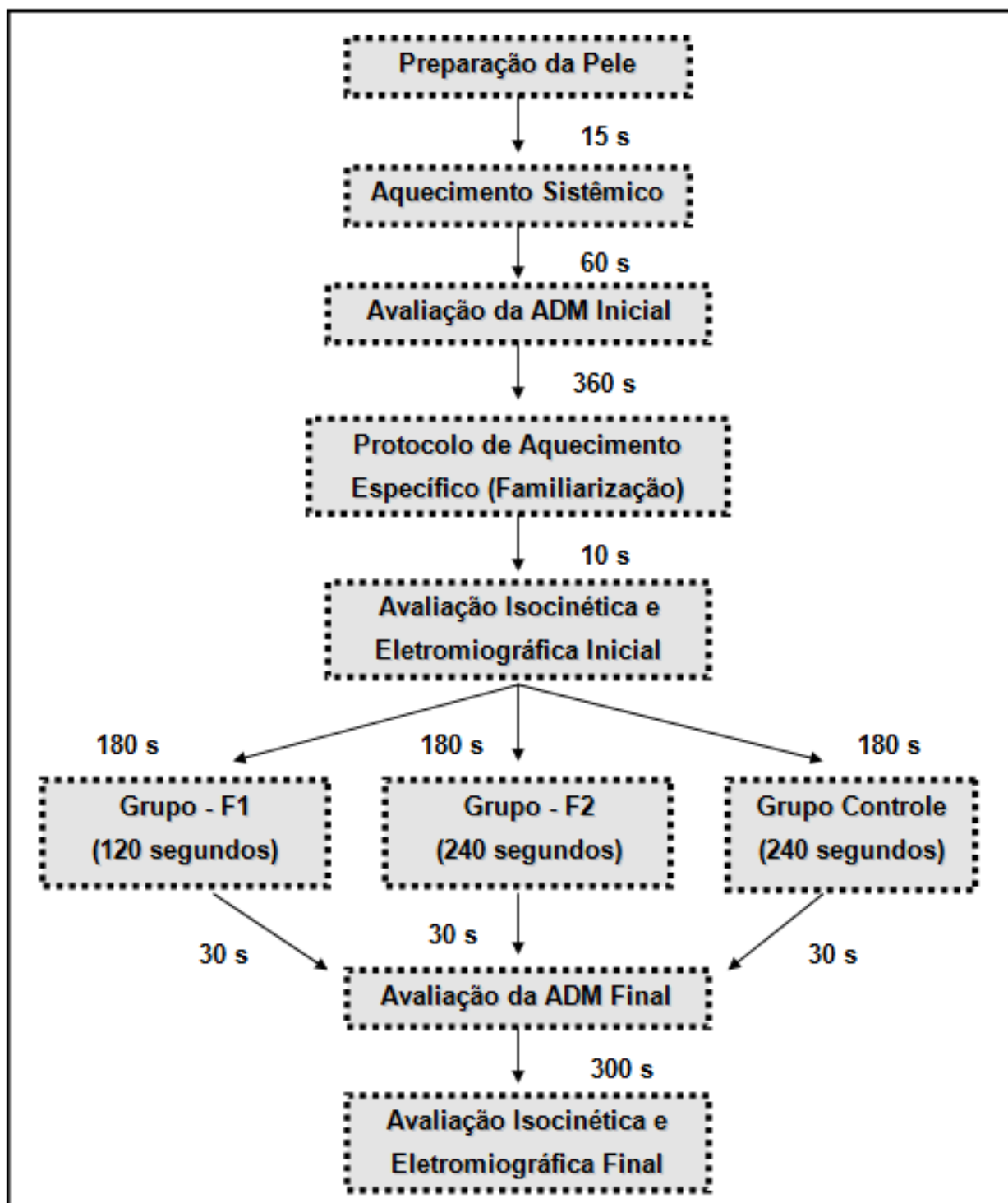


Figura 16 - Fluxograma com a descrição dos procedimentos metodológicos e os tempos de intervalo estimados para a realização da coleta dos dados no segundo dia.

Fonte: O autor

O primeiro procedimento após a localização da região foi pedir aos voluntários que realizassem uma contração leve dos músculos posteriores da coxa no sentido de flexionar o joelho (SENIAM, 2000). A mão do avaliador era posicionada no calcanhar para resistir ao movimento de flexão e os músculos

semitendinoso e bíceps femoral eram localizados e palpados (Figura 17). Em seguida, a região palpada era limpa com gaze embebida em álcool e tricotomizada com lâminas de barbear descartáveis.



Figura 17 - Averiguação da posição dos músculos semitendinoso (à esquerda) e bíceps femoral (à direita) após a realização da tricotomia.

Fonte: O autor

3.2.3.1 Aquecimento Sistêmico

Após a preparação da pele, os voluntários realizaram um aquecimento sistêmico como o descrito no item 3.2.1.1.

3.2.3.2 Avaliação da ADM

Após o aquecimento os voluntários foram submetidos à avaliação da ADM do joelho descrita no item 3.2.2.2

3.2.3.3 Preparação dos Voluntários para a Avaliação do Torque Ativo e Eletromiográfico

Antes do teste propriamente dito, alguns procedimentos preparatórios foram realizados.

Os voluntários eram posicionados na cadeira do dinamômetro em decúbito ventral e, em seguida, o eletrogoniômetro adaptado na joelheira era colocado pelo pesquisador no membro a ser avaliado.

Após os procedimentos de localização e tricotomia descritos no item 3.2.3 a região tricotomizada foi limpa com álcool e gaze até que fosse possível a visualização de uma hiperemia local. Tal procedimento foi necessário para garantir a remoção de células mortas a fim de diminuir a impedância da pele e obter uma melhor captação dos sinais eletromiográficos (SENIAM, 2000).

A localização do músculo palpado anteriormente juntamente com a região medial localizada e demarcada com a caneta caracterizavam o local de fixação dos eletrodos (SENIAM, 2000).

Os eletrodos eram fixados aos pares e longitudinalmente em relação às fibras dos músculos. Este posicionamento pode ser visto na figura 18.

Um eletrodo de referência também foi fixado no maléolo lateral do pé contralateral do voluntário tomando-se os mesmos cuidados descritos para fixação dos demais eletrodos.

Foram utilizados eletrodos de eletrocardiograma (ECG) de Ag/AgCl auto-adesivos de uso pediátrico (Kendal Meditrace, Canadá) com área de captação circular de 1cm de diâmetro.



Figura 18 - Posicionamento dos eletrodos e fixação dos cabos com fita adesiva. A faixa de Velcro® utilizada na avaliação isocinética também foi utilizada como meio de fixação dos cabos.

Fonte: O autor

3.2.3.4 Avaliação Isocinética e Eletromiográfica

Antes de iniciar a avaliação isocinética definiu-se a ADM de flexão de joelho (entre 0° e 100°) e a velocidade (60°/s) no programa do dinamômetro, como

realizado no item 3.2.1.2. Realizou-se também a correção da gravidade do segmento com a bota seguindo a recomendação do manual do equipamento (CYBEX NORM,1998).

A partir deste preparo eram realizados os procedimentos de familiarização (aquecimento específico) e avaliação isocinética já descritos nos itens 3.2.1.2 e 3.2.1.3, respectivamente.

3.2.3.5 Procedimentos para a Aplicação dos Protocolos de Alongamento

Logo após a avaliação isocinética e eletromiográfica, foram aplicados os mesmos protocolos de alongamento por FNP nos grupos FNP1 e FNP2 descritos no item 3.2.2.4, assim como o repouso do grupo controle durante tempo estabelecido. Em seguida, foram realizados os demais procedimentos de acordo com o fluxograma da figura 16.

3.3 AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DOS SINAIS

A aquisição e processamento dos sinais desta pesquisa foram realizadas por meio de um sistema desenvolvido especialmente para este fim. Para a captação dos sinais foi utilizada uma placa de aquisição (National Instruments) com conversor analógico/digital de 12 bits conectada a um computador pessoal (PC).

Os sinais fornecidos pelo dinamômetro isocinético eram captados por meio de um cabo que era conectado na saída auxiliar do dinamômetro (CYBEX NORM,1998), como pode ser visto na figura 19.



Figura 19 - Cabo conectado na saída auxiliar do dinamômetro isocinético de onde foram obtidos os sinais de torque.

Fonte: O autor

Os sinais de eletromiografia e ângulo foram obtidos por meio de um eletromiógrafo (*EMG System do Brasil*® modelo 800 C) de oito canais (dois de instrumentação e seis de eletromiografia). Em um dos canais de instrumentação foi conectado o eletrogoniômetro e em dois canais de eletromiografia os cabos provenientes dos eletrodos. Estes cabos transmitiam o sinal de EMG após passarem por pré-amplificadores com ganho de 20 vezes, localizados próximos dos eletrodos. Este módulo de eletromiografia tem razão de rejeição de modo comum (CMRR) de 120 dB, impedância de entrada de 10 MΩ e taxa de ruído < 1μV (RMS) e possui filtros para sinais do EMG passa-faixa entre 10 e 500 Hz. O módulo também amplifica os sinais de EMG com ganho de 100 vezes, totalizando um ganho de 2000 vezes para os sinais de EMG provenientes dos eletrodos.

Para que os sinais do torque e do ângulo fossem sincronizados, um módulo de sincronização foi desenvolvido pelo pesquisador e fixado no dinamômetro para indicar o início da extensão do joelho. Este módulo funcionava como uma chave que fechava sempre que o braço de alavanca do dinamômetro encostava-se em suas lâminas flexíveis. Este módulo pode ser visto na figura 20.



Figura 20 - Posição da chave em relação ao braço de alavanca antes do início do teste (seta vermelha - foto lado esquerdo) e a disposição da chave próxima do braço de alavanca do dinamômetro (seta vermelha – foto lado direito).

Fonte: O autor

Os cabos provenientes do eletromiógrafo e das chaves de sincronização eram conectados a um módulo coletor de sinais. Este módulo consistia em uma caixa com conectores apropriados de onde saía um cabo para a placa de aquisição. Nesta placa chegavam também os sinais do torque diretamente do dinamômetro.

Os sinais eram reunidos na placa de aquisição, digitalizados com frequência de amostragem de 1kHz e transmitidos por meio de um cabo USB® (*Universal Serial Bus*) para o PC. Este sistema pode ser visualizado na figura 21. Todos os sinais foram captados simultaneamente com auxílio de um programa de aquisição de sinais elaborado em ambiente LabView (*National Instruments*®, versão 6i).

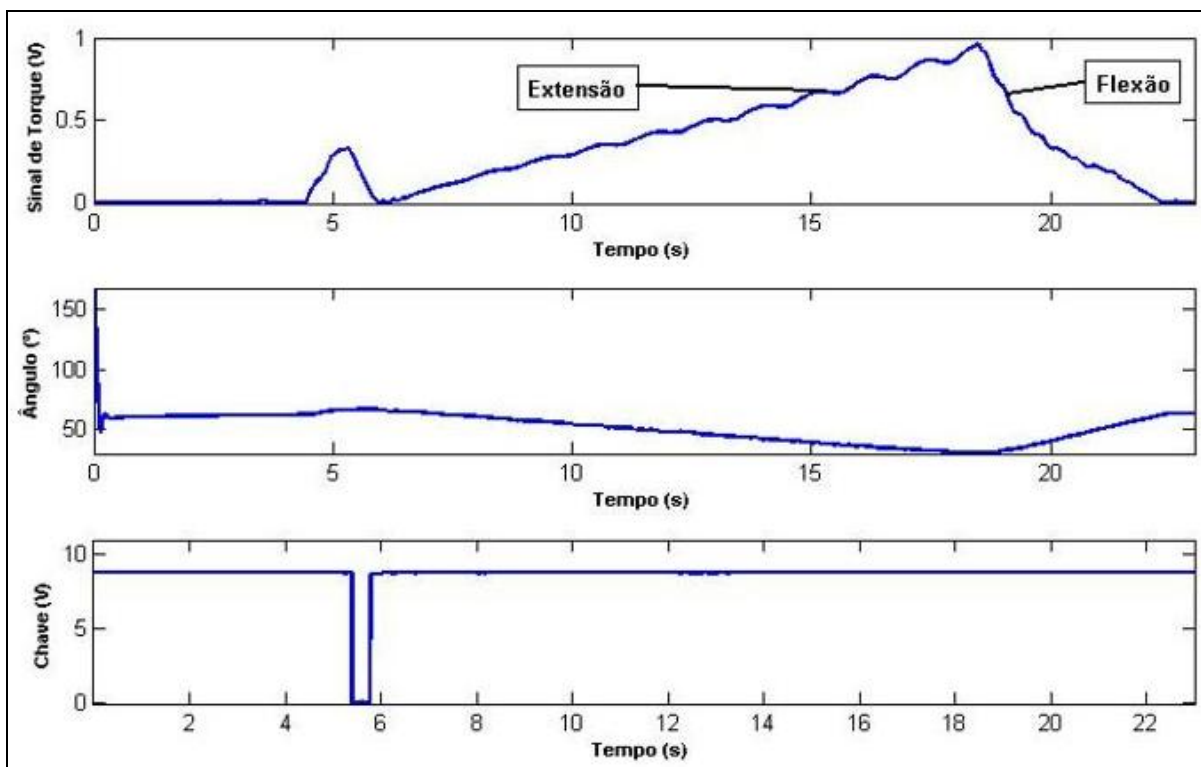


Figura 22 - Sinais do teste do torque passivo - De cima para baixo: curva do torque, ângulo articular e sinal de sincronização (chave) obtidos durante a avaliação do torque passivo.

Fonte: O autor

O mesmo tipo de aquisição foi realizado na avaliação do torque ativo como pode ser visto na figura 23.

Após aquisição, os dados adquiridos foram armazenados em arquivos texto para análise.

A análise consistiu basicamente na seleção de sinais válidos e cálculo dos parâmetros de interesse. Para isto foram desenvolvidos *softwares* em ambiente MatLab pela orientadora deste trabalho e pelo pesquisador.

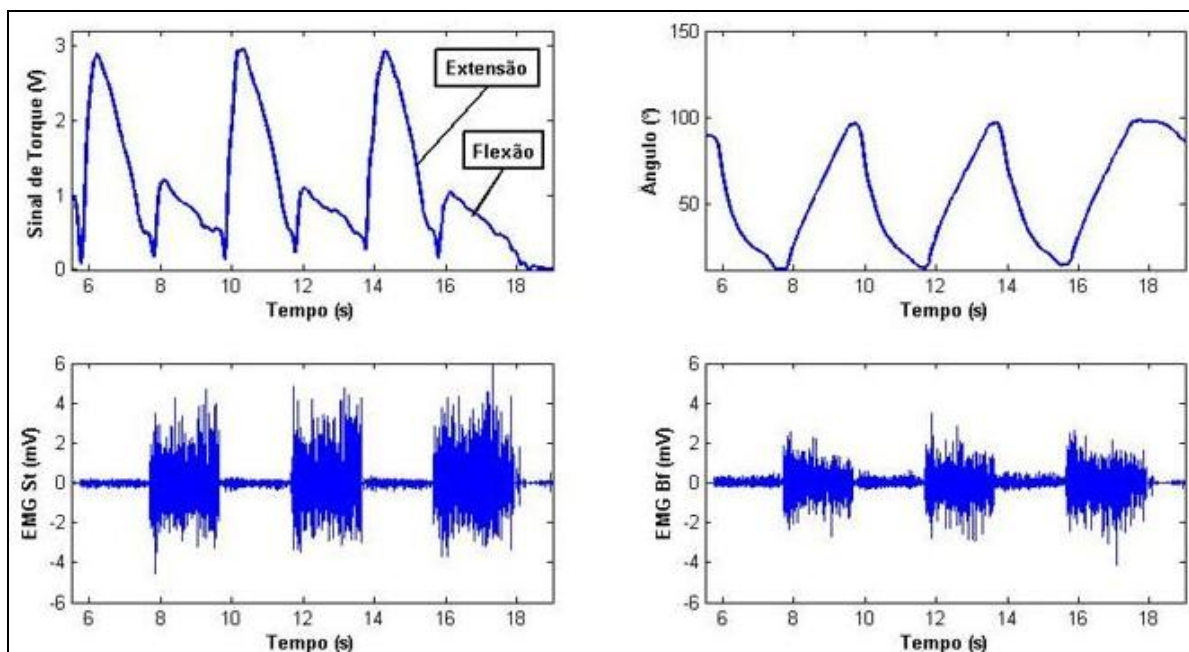


Figura 23 - Sinais do teste do torque ativo - Em sentido horário: Curvas de torque da extensão (maiores) e flexão (menores) do joelho, ângulo do movimento e sinal eletromiográfico (Bf-bíceps femoral e St- semitendinoso) durante a avaliação isocinética.

Fonte: O autor

3.3.1 Seleção e Processamento dos Sinais Adquiridos na Avaliação do Torque Passivo

A validade dos sinais em formato texto eram verificada em um programa previamente desenvolvido em ambiente MatLab (versão 7.0.4) especialmente para este fim.

Os sinais mostrados na figura 22 seriam selecionados se satisfizessem aos seguintes critérios:

- 1) o sinal do torque do movimento de extensão não apresentava descontinuidades;
- 2) o sinal do ângulo não apresentava descontinuidades e apresentava um declínio seguido de um aumento;
- 3) o sinal da chave deveria apresentar uma transição de zero para 5 μV , o que indicava a abertura da chave no início do movimento de extensão.

Era possível selecionar os sinais separadamente, ou seja, poderia ser aceito um sinal de torque e rejeitar o sinal de ângulo, por exemplo. Somente os sinais selecionados eram utilizados para realização dos cálculos.

Os sinais selecionados de torque e ângulo eram filtrados (filtro passa-baixa do tipo Butterworth de 4ª ordem) com uma frequência de corte de 10 Hz (NORDEZ *et al.*, 2006).

A partir da curva de torque em função do tempo, foram calculados o torque passivo máximo e as áreas sob as curvas de extensão e flexão de joelho (indicadas na figura 21).

Quando os sinais de torque e ângulo eram válidos, a curva de torque em função do ângulo era utilizada para calcular a rigidez muscular. A partir dos pontos correspondentes ao último terço da curva era ajustada uma reta e seu coeficiente angular correspondia a rigidez (MAGNUSSON *et al.*, 1996a; 1996b), como mostra a figura 24 e a equação 1.

O cálculo foi processado pelo programa Matlab como a razão da mudança no torque passivo em relação à mudança na posição angular (Δ). A equação utilizada pode ser vista abaixo:

$$K_p = \frac{\Delta M_p}{\Delta \theta} \quad (1)$$

Onde:

K_p é a rigidez passiva;

M_p é o torque passivo, e

θ , a posição angular.

Os dados da curva de torque e ângulo foram calculados para se obter as variáveis rigidez muscular (ou coeficiente angular) e ADM obtida do registro do eletrogoniômetro.

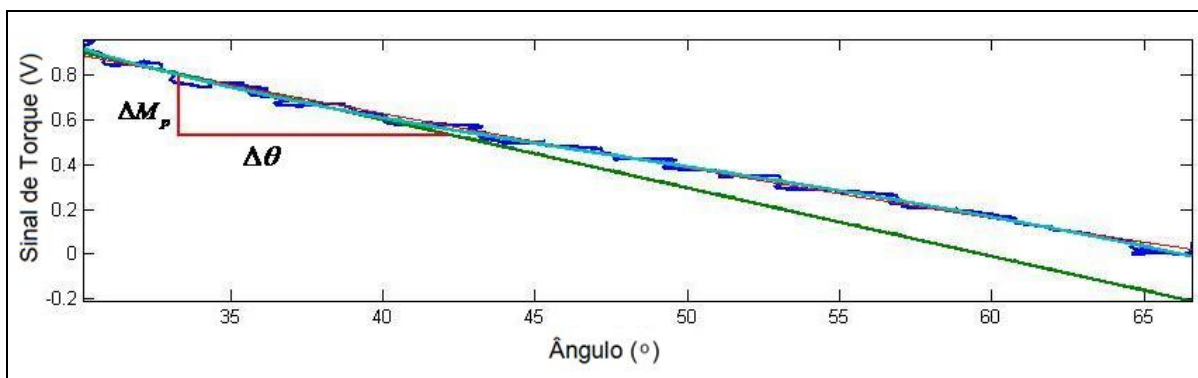


Figura 24 - Curvas oriundas do cálculo da razão da mudança no torque passivo em relação à mudança na posição angular.

Fonte: O autor

3.3.2 Seleção e Processamento dos Sinais Adquiridos na Avaliação do Torque Ativo e Eletromiográfica

Da mesma forma que os sinais do teste de torque passivo, os sinais do teste de torque ativo (figura 23) foram submetidos a critérios de seleção, antes de serem processados. Estes sinais eram considerados válidos se:

- 1) os sinais de torque dos movimentos de extensão e flexão não apresentavam descontinuidades;
- 2) o sinal do ângulo não apresentava descontinuidades e apresentava oscilações aproximadamente uniformes, caracterizando as flexões e extensões repetidas;
- 3) o sinal EMG não apresentasse variações na amplitude ou sinais de descontinuidade no decorrer da coleta.

Caso alguma alteração citada fosse detectada o sinal era rejeitado e os valores deste sinal não eram utilizados para os cálculos.

No início do processamento os sinais de torque e ângulo eram filtrados por um filtro passa-baixa do tipo Butterworth de 4ª ordem a uma frequência de corte de 10 Hz (NORDEZ *et al.*, 2006).

As três curvas de torque de flexão e extensão eram separadas manualmente utilizando uma função de procura manual (realizada com o *mouse* ou teclado) do programa. Esta separação consistia em encontrar o início e o fim de cada curva de torque. Ao selecionar estas curvas, estavam sendo separadas também a curva de

ângulo registrada pelo eletrogoniômetro e o sinal EMG dos músculos bíceps femoral e semitendinoso.

A partir deste corte manual, durante a flexão e a extensão o programa calculava separadamente o pico de torque, o trabalho máximo e o valor RMS do sinal EMG dos músculos bíceps femoral e semitendinoso (expresso em milivolts-mV). No entanto, optou-se por utilizar o pico de torque e o trabalho máximo fornecidos no laudo do dinamômetro por estes estarem em unidades mais adequadas.

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

As variáveis obtidas após o processamento (resumidas na figura 25), bem como os dados obtidos na avaliação inicial tiveram seus valores expressos por médias e desvios padrões.

Todos os valores das variáveis registrados foram comparados antes e após a aplicação dos protocolos de alongamento (ou repouso no caso do grupo controle). Para a comparação das avaliações dos grupos pré e pós-alongamento (intragrupos) foram utilizados os testes t de Student para amostras pareadas ou o teste não-paramétrico de Wilcoxon. A condição de normalidade das variáveis foi feita considerando o teste de Shapiro-Wilks. Testou-se a hipótese nula para cada grupo (FNP1, FNP2 e Controle) de que a média na avaliação pré seria igual à media na avaliação pós-alongamento, *versus* a hipótese alternativa de médias diferentes. Também testou-se a hipótese nula de que os grupos teriam médias iguais *versus* a hipótese alternativa de que pelo menos um grupo tem média diferente dos demais.

As variáveis antropométricas e da avaliação inicial de pico de torque foram comparadas entre os grupos utilizando o modelo de análise de variância com um fator (ANOVA).

Para todos os voluntários de cada grupo, foram determinadas as diferenças relativas entre os valores pré e pós-alongamento de cada variável de acordo com a seguinte fórmula:

$$Diferença \text{ Relativa} = 100\% \times \frac{(\text{valor}_{pós} - \text{valor}_{pré})}{\text{valor}_{pré}}$$

As médias das diferenças relativas foram comparadas entre os grupos utilizando o modelo de análise de variância com um fator ou o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, quando necessário. Nos casos em que o teste aplicado indicou diferença, os grupos foram comparados dois a dois, utilizando o teste LSD.

Para indicar significância estatística, em todos os testes os valores de p deveriam ser < 0,05.

Os dados foram organizados em planilhas do Excel e o software utilizado para o tratamento estatístico foi o Statistica v.8.0.

Variável	Definição
ADM (°)	É a amplitude de movimento da articulação do joelho fornecida pelo flexímetro durante a avaliação da ADM do ângulo poplíteo.
Rigidez muscular passiva (Nm/graus)	É a resistência passiva do músculo correspondente ao coeficiente do primeiro terço da curva ângulo-torque durante a extensão no teste de torque passivo.
Pico de torque (N.m)	É o maior valor de torque alcançado em cada flexão de joelho durante a avaliação do torque ativo.
Trabalho Máximo (J)	É o maior trabalho muscular realizado durante a flexão de joelho durante a avaliação isocinética.
Valor RMS do sinal eletromiográfico (EMG) (mV)	É a média dos valores calculados a partir do registro eletromiográfico durante a flexão do joelho no teste de torque ativo.
Repetição Máxima	É a repetição com maior valor da variável pico de torque obtida durante a avaliação isocinética.

Figura 25 - Variáveis a serem analisadas no estudo. Todas as variáveis deste estudo foram obtidas para os músculos isquiotibiais.

Fonte: O autor

4 RESULTADOS

Os resultados deste trabalho estão divididos de acordo com as avaliações realizadas, sendo elas a avaliação inicial, a avaliação do torque passivo e a avaliação do torque ativo.

Durante a avaliação inicial foram coletados os dados antropométricos dos sujeitos e realizado uma avaliação isocinética em todos os indivíduos. Na avaliação do torque passivo foram obtidos os dados referentes a ADM e às variáveis coletadas na avaliação do torque passivo, propriamente dita, antes e após a intervenção do alongamento por FNP. Desta mesma forma as avaliações da ADM, isocinética e eletromiográfica foram realizadas durante a avaliação do torque ativo, de onde foram extraídas as variáveis apresentadas neste capítulo.

Os resultados estão descritos resumidamente, porém, os valores detalhados destes resultados poderão ser consultados no Anexo D onde consta o relatório da análise estatística realizada.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Para o presente trabalho, foram recrutados 42 voluntários alunos do curso de Educação Física da Pontifícia Universidade Católica do Paraná e soldados do 5^a Grupo de Artilharia de Campanha Autopropulsado (GACAP).

Inicialmente, os voluntários informaram seu consentimento livre e esclarecido em um termo elaborado para este fim (Apêndice A).

Todos os voluntários participantes desta pesquisa realizavam atividades físicas, porém, nem todos realizavam alongamento dos músculos flexores do joelho. O histórico da prática de alongamento e da prática de atividade física dos voluntários podem ser vistos nas tabelas 1, 2 e 3 a seguir.

Tabela 1 - Histórico da prática de alongamento dos músculos isquiotibiais dos voluntários (*).

FNP 1					FNP 2					Controle				
C	F	TM	R	TP	C	F	TM	R	TP	C	F	TM	R	TP
F55	3	20	2	4 a	F58	2	10	2-3	5 a	F59	3	20	1	1a2m
F54	4	15	1	2 a	F53	n/r	n/r	n/r	n/r	F57	3	10	1	1 a
F50	5	10	1	3 a	F43	5	15	2	7 a	F56	3	15	1	1 a
F41	6	30	1	2 a	F38	6	15	5	14a	F49	4	20	3	6 a
F39	5	15	1	7 m	F37	6	15	1	6 a	F46	6	15	1	3 a
F34	3	20	5	5 a	F36	2	10	1	1 a	F45	6	20	1	1 a
F35	6	10	1	5 a	F33	1	20	1	8 m	F44	4	20	1	4 a
F29	n/r	n/r	n/r	n/r	F26	n/r	n/r	n/r	n/r	F42	3	20	2	6 a
F24	4	20	2	1 m	F19	n/r	n/r	n/r	n/r	F30	6	20	1	1 a
F20	n/r	n/r	n/r	n/r	F15	5	15	3	8 a	F27	6	20	1	2 a
F16	3	15	1	2 a	F13	2	10	1	8 a	F23	n/r	n/r	n/r	n/r
F14	1	15	2	1 a	F09	3	20	1	3 m	F17	n/r	n/r	n/r	n/r
F06	n/r	n/r	n/r	n/r	F07	3	20	1	1a6m	F10	n/r	n/r	n/r	n/r
F01	n/r	n/r	n/r	n/r	F04	n/r	n/r	n/r	n/r	F08	6	30	3	7 a
										F03	5	5	2	1

(*) Onde:

C= Código do voluntário

F = Frequência semanal do alongamento

TM = Tempo de manutenção (em segundos)

R = Número de repetições

TP = Tempo de prática do alongamento (anos e/ou meses)

n/r = não realiza exercícios de alongamento

Fonte: O autor

Foi observado que os voluntários eram praticantes tanto de atividades aeróbicas quanto anaeróbicas de acordo com a tabela 2 abaixo.

A frequência semanal com que praticavam estas atividades pode ser visualizada na tabela 3. Esta variava de uma até 6 vezes por semana, com o tempo de prática regular destas atividades variando entre 2 meses até 11 anos.

Tabela 2 - Atividades esportivas e a quantidade de voluntários praticantes destas atividades, dividido por grupo. Observação: Alguns voluntários praticavam mais de uma atividade ao mesmo tempo.

Atividade Física	FNP1 (n=14)	FNP 2 (n=14)	Controle (n=15)
1 - Yoga	1	0	0
2 - Corrida	6	4	2
3 - Musculação	3	2	4
4 - Futebol	3	5	3
5 - Atletismo	1	3	1
6 - Judô	1	1	0
7 - Ciclismo	1	1	0
8 - Nataação	1	1	1
9 - Vôlei	0	1	2
10 - Pilates	0	1	0
11- Surf	0	1	0
12 - Tênis	0	0	1
13 - Pentatlo	0	0	3
14 - Muay Thai	0	0	1

Fonte: O autor

Tabela 3 - Quantidade de voluntários e a frequência semanal da prática de atividade física destes voluntários.

Frequência semanal	FNP1 (n=14)	FNP2 (n=14)	Controle (n=15)
1	0	1	0
2	0	0	1
3	3	3	6
4 ou mais	11	10	8

Fonte: O autor

4.2 AVALIAÇÃO INICIAL

Os dados antropométricos dos grupos e os valores de pico de torque obtidos na avaliação inicial podem ser vistos a seguir na tabela 4.

Tabela 4 - Características antropométricas e pico de torque dos voluntários em seus respectivos grupos (média dos valores e desvio padrão) (o número total de sujeitos de cada grupo e o tempo total de alongamento estão entre parênteses).

Variável	Grupo FNP1 (120s) (n=14)	Grupo FNP2 (240s) (n=14)	Grupo Controle (n=15)	Valor de p^*
Idade (anos)	21,6 ± 2,1	23,2 ± 3,2	23,1 ± 2,6	0,220
Altura (cm)	173,7 ± 4,7	176,4 ± 6,4	175,6 ± 7,2	0,502
Massa Corporal (kg)	73,6 ± 8,7	73,2 ± 7,7	71,9 ± 8,9	0,849
IMC (kg/m²)	20,9 ± 2,3	20,3 ± 1,9	19,8 ± 1,7	0,344
Pico de Torque	100 ± 15,3	103,8 ± 18,8	96,1 ± 18,7	0,510

(*) O valor de p corresponde ao teste ANOVA, comparativo entre os três grupos. Os valores de $p > 0,05$ indicam que não foram encontradas diferenças significativas entre as variáveis.

Fonte: O autor

É possível observar nesta tabela que os grupos se apresentaram homogêneos em relação às características antropométricas e ao pico de torque. Os valores de pico de torque podem ser conferidos no apêndice E (Tabela E1).

4.3 AVALIAÇÃO DO TORQUE PASSIVO

Estão apresentados na tabela 5 os valores absolutos médios e seus respectivos desvios-padrão obtidos das avaliações do torque passivo antes e após o alongamento.

Houve perda amostral dos grupos FNP1 e FNP2 para a variável rigidez muscular passiva durante o processo de validação dos sinais, onde alguns destes sinais não puderam ser aceitos. No entanto, não houve descaracterização da amostragem para a análise estatística.

Tabela 5– Valores obtidos nas avaliações pré e pós-alongamento durante o teste de torque passivo

Variável	Condição	Grupo FNP1 n=14	Grupo FNP2 n=14	Grupo Controle n=15
ADM (°)	Pré	66 ± 2,0	68 ± 2,7	66 ± 1,8
	Pós	73 ± 2,6	74 ± 2,7	71 ± 2,2
	Valor de <i>p</i> *	0,001	<0,001	0,006
RMP (Nm/graus)		n=9	n=13	n=15
	Pré	-6,3 ± 1,8	-5,1 ± 1,5	-5,1 ± 1,9
	Pós	-5,7 ± 1,9	-5,0 ± 1,1	-4,7 ± 1,2
	Valor de <i>p</i> **	0,441	0,861	0,820

Nota: (*) Valores de *p* obtidos com teste t de Student. (**) Valores de *p* obtidos com o teste de Wilcoxon. Os valores em negrito indicam significância estatística ($p \leq 0,05$)

Fonte: O autor

4.3.1 Amplitude de Movimento (ADM)

Com base na tabela 5, o teste t de Student para amostras pareadas revelou que, para as comparações pré e pós, houve aumento significativo na ADM do ângulo poplíteo no três grupos (FNP1= 10%; FNP2= 8,8% e Controle=7,5%). No entanto, as comparações entre os grupos não apontaram diferenças estatisticamente significativas.

A figura 26 mostra graficamente a diferença relativa média da ADM para cada grupo e seu respectivo desvio-padrão.

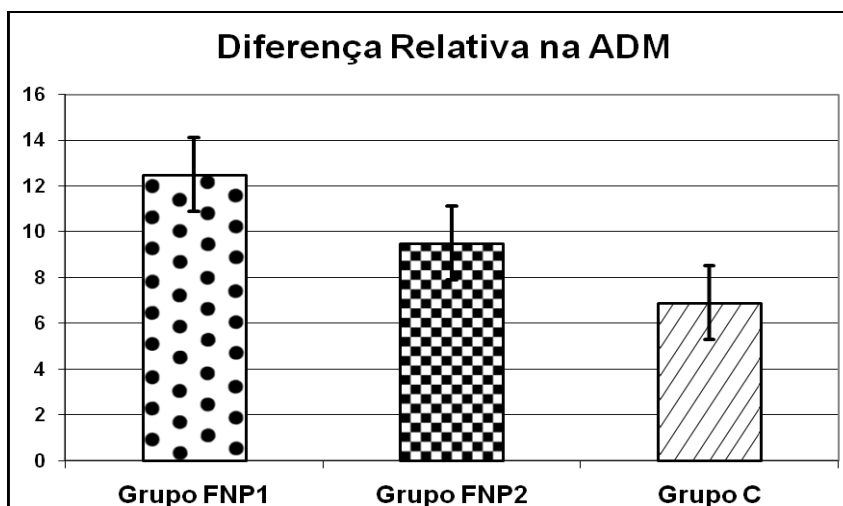


Figura 26 – Valores médios das diferenças relativas da variável ADM dos grupos FNP1, FNP2 e Controle com seus respectivos desvios-padrão.

Nota: Houve diferenças significativas entre os 3 grupos somente nas comparações pré e pós. Valores de p para os grupos FNP1 (0,001), FNP2 (<0,001) e Controle (0,006).

Fonte: O autor

4.3.2 Rigidez Muscular Passiva (RMP)

O teste não-paramétrico de Wilcoxon apontou que não houve nos três grupos diferenças significativas nas comparações antes e após o alongamento na variável rigidez muscular passiva (RMP) (Tabela 5). As comparações entre os grupos também não revelaram, de acordo com o teste de Kruskal-Wallis, nem diferenças absolutas (0,884), nem variações percentuais (0,867) significativas.

A figura 27 mostra a diferença relativa média da RMP para cada grupo e seu respectivo desvio-padrão.

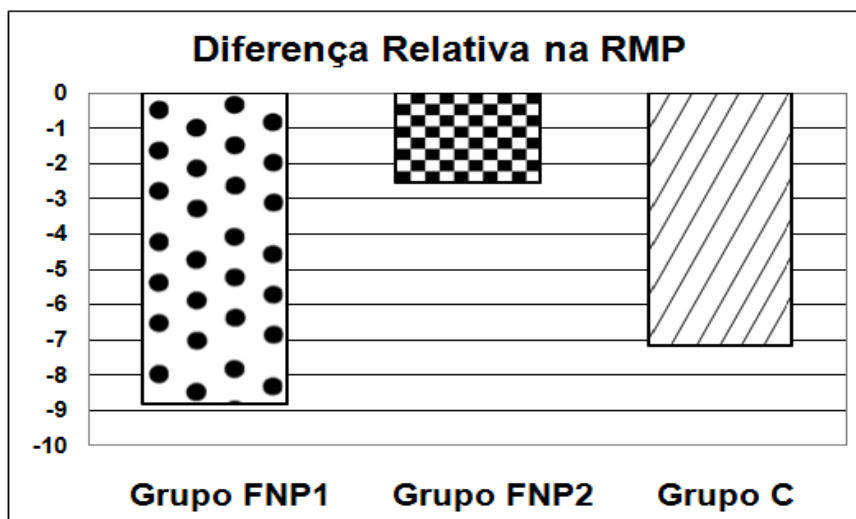


Figura 27 – Valores médios das diferenças relativas da variável RMP dos grupos FNP1, FNP2 e Controle com seus respectivos desvios-padrão.

Nota: Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os 3 grupos para esta variável. Valores de p para os grupos FNP1 (0,441), FNP2 (0,861) e Controle (0,820).

Fonte: O autor

4.4 AVALIAÇÃO DO TORQUE ATIVO E DA ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA

Os valores das variáveis obtidos durante o teste de torque ativo antes e após o alongamento por FNP podem ser vistos na tabela 6.

Tabela 6 – Valores médios obtidos nas avaliações pré e pós-alongamento para as variáveis adquiridas na avaliação do torque ativo e da atividade eletromiográfica.

Variável		Grupo FNP1 n=14	Grupo FNP2 n=14	Grupo Controle n=15
ADM (°)	Pré	65 ± 13,3	69 ± 11,1	69 ± 11,4
	Pós	69 ± 11,7	78 ± 8,3	71 ± 12,9
	Valor de <i>p</i>	0,009*	0,001**	0,147*
PT (N.m)	Pré	92 ± 13,7	97 ± 20,4	87 ± 13,7
	Pós	93 ± 19,0	95 ± 17,9	90 ± 18,1
	Valor de <i>p</i> *	0,434	0,294	0,288
TM (J)	Pré	112 ± 13,1	115 ± 20,2	106 ± 14,1
	Pós	116 ± 18,2	113 ± 19,3	113 ± 18,8
	Valor de <i>p</i> *	0,143	0,442	0,024
EMG _{RMS} Bf (µV)	Pré	0,7 ± 0,2	0,8 ± 0,3	0,8 ± 0,2
	Pós	0,7 ± 0,2	0,8 ± 0,3	0,8 ± 0,2
	Valor de <i>p</i>	0,440*	0,799**	0,894*
EMG _{RMS} St (µV)	Pré	0,7 ± 0,2	0,7 ± 0,2	0,9 ± 0,3
	Pós	0,8 ± 0,2	0,8 ± 0,3	1,0 ± 0,3
	Valor de <i>p</i> *	0,118	0,400	0,008

(*) Valores de *p* obtidos com teste t de Student. (**) Valores de *p* obtidos com o teste de Wilcoxon. Os valores em negrito indicam significância estatística ($p \leq 0,05$). Sendo a ADM a amplitude de movimento, o PT o pico de torque, TM o trabalho máximo, EMG Bf e EMG St os valores RMS para os músculos bíceps femoral e semitendinoso respectivamente.

Fonte: O autor

4.4.1 Amplitude de Movimento (ADM)

Observa-se na tabela 6 que houve aumento significativo na ADM do ângulo poplíteo de ambos os grupos (FNP1, $p=0,009$ e FNP2, $p=0,001$), enquanto que para o grupo Controle esta se manteve dentro do nível de significância adotado ($p \leq 0,05$).

A figura 28 mostra graficamente a diferença relativa da ADM para cada grupo e seu respectivo desvio-padrão.

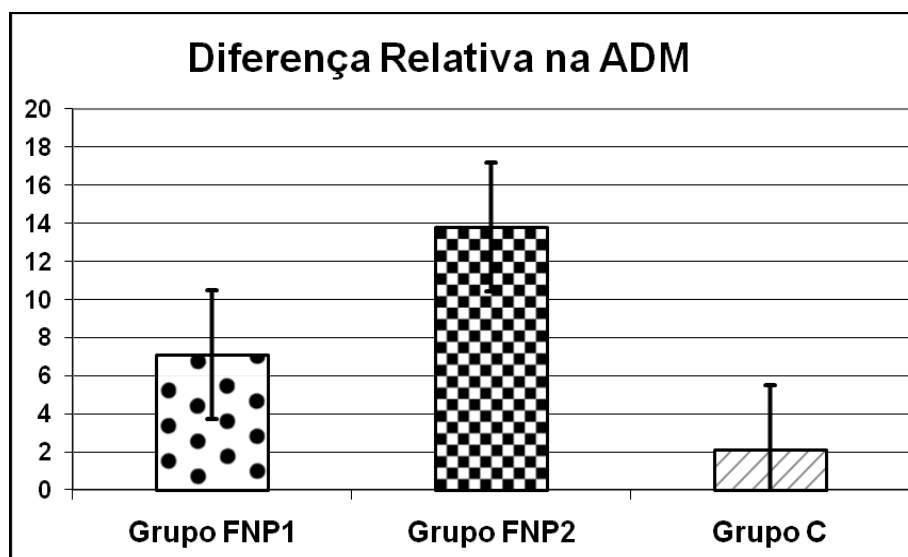


Figura 28 – Valores médios das diferenças relativas da variável ADM dos grupos FNP1, FNP2 e Controle com seus respectivos desvios-padrão.

Nota: Foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre os 3 grupos para esta variável. Valores de p para os grupos FNP1 (0,009), FNP2 (0,001) e Controle (0,147).

Fonte: O autor

As comparações dois a dois realizadas pelo teste LSD indicaram diferenças entre os grupos FNP1 e FNP2 ($p=0,015$) e entre FNP2 e Controle ($p<0,001$). As diferenças entre FNP1 e Controle não se mostraram significantes ($p=0,192$).

4.4.2 Pico de Torque (PT) e Trabalho Máximo (TM)

A variável pico de torque, apresentada na tabela 6, foi avaliada pelo teste t de Student para amostras pareadas o qual indicou que não houve diferenças significativas nas comparações pré e pós nos três grupos.

A comparação dos três grupos pelo teste ANOVA para esta variável, mostrou um comportamento semelhante entre eles, não indicando alterações significativas.

A figura 29 mostra graficamente a diferença relativa média do PT para cada grupo e seu respectivo desvio-padrão.

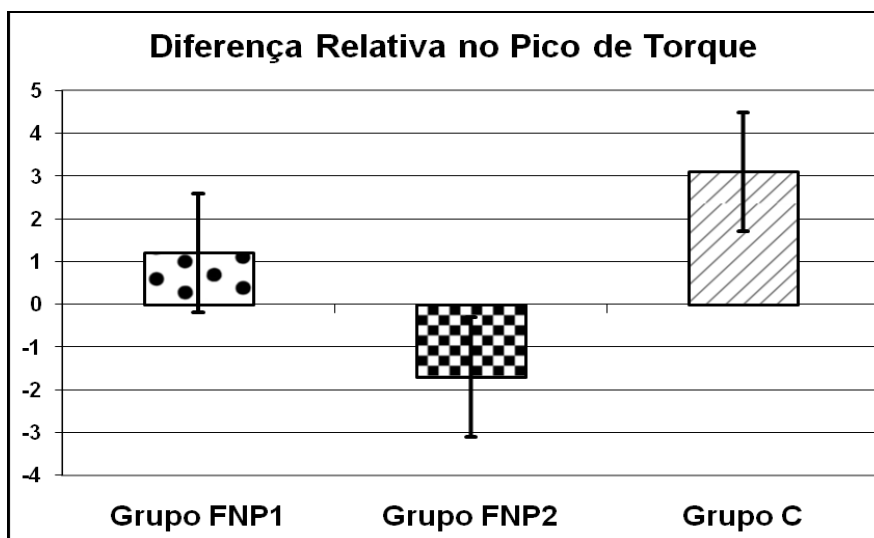


Figura 29 – Valores médios das diferenças relativas da variável PT dos grupos FNP1, FNP2 e Controle com seus respectivos desvios-padrão.

Nota: Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os 3 grupos para esta variável. Valores de p para os grupos FNP1 (0,434), FNP2 (0,294) e Controle (0,288).

Fonte: O autor

Para variável trabalho máximo o teste t de Student indicou um aumento significativo na comparação pré e pós somente para o grupo Controle (0,024), apontado pelo teste t de Student. Quando a diferença relativa sofrida por esta variável foi comparada entre os três grupos, o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis não mostrou nem variação percentual (0,245) e nem diferença absoluta (0,201) significativas nas comparações entre os grupos.

A figura 30 mostra graficamente a diferença relativa média do TM para cada grupo e seu respectivo desvio-padrão.

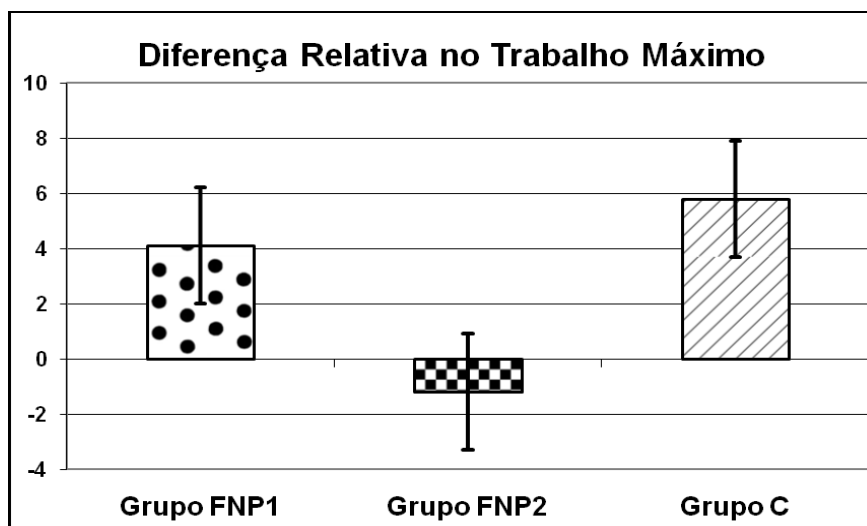


Figura 30 – Valores médios das diferenças relativas da variável TM dos grupos FNP1, FNP2 e Controle com seus respectivos desvios-padrão.

Nota: Houve diferenças significativas nas comparações pré e pós somente para o grupo Controle. Valores de p para os grupos FNP1 (0,143), FNP2 (0,442) e Controle (0,024).

Fonte: O autor

4.4.3 Valor RMS dos Músculos Bíceps Femoral (RMS Bf) e Semitendinoso (RMS St)

Para a variável RMS do músculo bíceps femoral nenhum dos três grupos apresentou diferenças antes e após o alongamento. Também não se encontrou diferenças entre os grupos quando foram comparadas as diferenças absolutas e variações percentuais nesta variável.

A figura 31 mostra graficamente a diferença relativa média do valor RMS Bf para cada grupo e seu respectivo desvio-padrão.

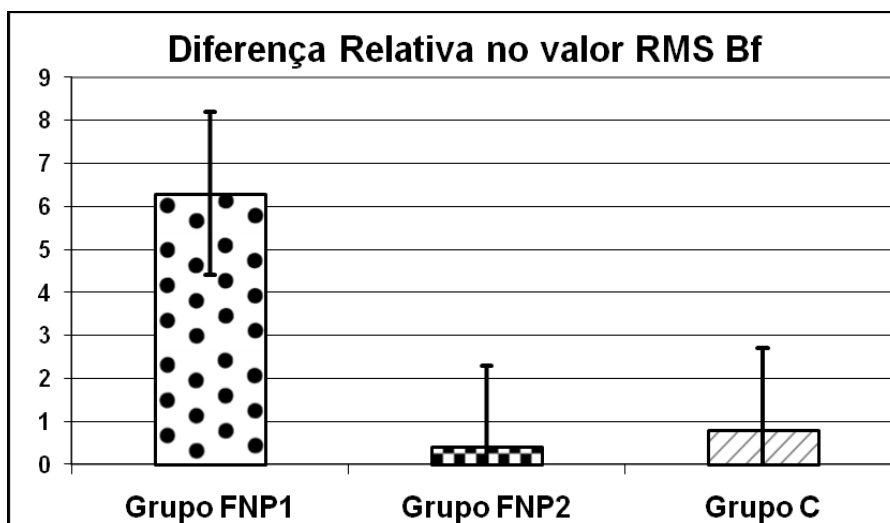


Figura 31 – Valores médios das diferenças relativas da variável RMS Bf dos grupos FNP1, FNP2 e Controle com seus respectivos desvios-padrão.

Nota: Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os 3 grupos para esta variável. Valores de p para os grupos FNP1 (0,440), FNP2 (0,799) e Controle (0,894).

Fonte: O autor

O valor RMS do músculo semitendinoso apresentou aumento significativo somente no grupo Controle ao serem comparados os momentos pré e pós-alongamento (0,008). Contudo, quando foram comparados os valores de p de cada grupo pelo teste ANOVA, verificou-se não haver diferenças absolutas nem variações percentuais entre eles.

A figura 32 mostra graficamente a diferença relativa média do valor RMS Bf para cada grupo e seu respectivo desvio-padrão.

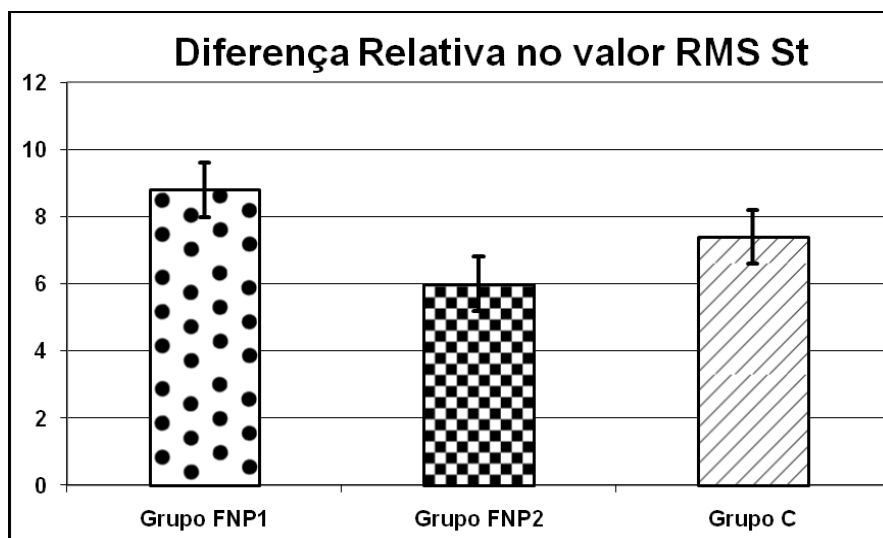


Figura 32 – Valores médios das diferenças relativas da variável RMS St dos grupos FNP1, FNP2 e Controle com seus respectivos desvios-padrão.

Nota: Houve diferenças significativas nas comparações pré e pós somente para o grupo Controle. Valores de p para os grupos FNP1 (0,118), FNP2 (0,400) e Controle (0,008).

Fonte: O autor

4.4.4 Repetição Máxima (RM)

Para análise da variável repetição máxima (RM), foi contabilizado o número de vezes em que ocorreu o valor máximo do pico de torque em uma determinada repetição (1ª, 2ª ou 3ª). As comparações foram feitas com a frequência de ocorrências na condição pré e pós-alongamento, assim como verificado em qual repetição havia uma maior quantidade de ocorrências. Na tabela 7 são apresentados estes valores.

Tabela 7 – Total de ocorrência da repetição máxima em cada repetição durante as avaliações pré e pós-alongamento para cada variável e grupo.

Variável	Grupos	Condição	1ª	2ª	3ª	Total
PT	FNP 1	Pré	11	2	1	14
		Pós	11	3	0	
	FNP 2	Pré	11	2	1	14
		Pós	8	4	2	
	Controle	Pré	6	5	4	15
		Pós	9	5	1	

Fonte: O autor

5 DISCUSSÃO

Com o objetivo de sistematizar a discussão dos resultados deste trabalho os tópicos serão divididos da mesma forma que foram estruturados no capítulo anterior.

5.1 AVALIAÇÃO DO TORQUE PASSIVO

5.1.1 Amplitude de Movimento (ADM)

A avaliação da ADM permitiu constatar os efeitos agudos dos dois protocolos de alongamento por FNP na unidade músculo-tendínea. Com isso, esperava-se que o protocolo com maior duração provocasse maiores efeitos na ADM que o protocolo de curta duração, como descrito na hipótese H1.

Pôde ser observado que houve aumento imediato significativo na ADM após a aplicação de ambos protocolos, inclusive no grupo controle. Este aumento, correspondente à 10%, 8,8% e 7,5% para os grupos FNP1, FNP2 e Controle, respectivamente, está de acordo com os achados de Marek *et al.* (2005), que observaram um aumento utilizando o alongamento por FNP (tempo médio total de 8min). Do mesmo modo, Feland *et al.* (2001a) e Mitchell *et al.* (2007) verificaram que o alongamento por FNP (técnica Contraí-Relaxa), mantido com um tempo total de 32s e 40s respectivamente, também são capazes de aumentar a ADM dos músculos isquiotibiais.

Segundo Magnusson *et al.* (2000a), protocolos curtos de alongamento (com total entre 1 e 3 min) podem causar efeitos agudos na ADM devido ao aumento da tolerância ao alongamento. No entanto, não foram observadas diferenças entre os grupos para esta variável, mas sim um aumento significativo nos três grupos.

A sequência de procedimentos realizada após a primeira avaliação da ADM mostra que, no momento que cada grupo foi submetido aos seus devidos protocolos de alongamento, todos os voluntários teriam acabado de sofrer os efeitos do teste do torque passivo inicial. Neste caso, o grupo Controle pode ter sido favorecido com

o efeito de tensionamento passivo durante o teste, ainda que este tenha sido realizado somente uma vez. Assim, é plausível concordar com a ocorrência desses resultados homogêneos.

É importante ressaltar que o tempo em que o tecido músculo-tendíneo foi submetido aos protocolos de alongamento (120s e 240s) foi maior que o tempo de tensionamento aplicado passivamente pelo dinamômetro no grupo Controle (em média 30s). Ao se tratar de efeitos agudos, um aumento de 7,5% na ADM do grupo controle permite sugerir que o método de avaliação do torque passivo pode ser capaz de ocasionar um aumento da ADM potencialmente semelhante à técnica de alongamento por FNP aplicada neste trabalho. Este dado pode também ter o respaldo da prática de alongamento que os voluntários exerciam, porém não foram verificadas outras características individuais que pudesse influenciar os resultados nesta variável.

A avaliação da ADM não nos fornece subsídio direto para afirmar se houve ou não alteração na rigidez da unidade músculo-tendínea, porém, ao verificarmos que não houve alterações significativas nos resultados do teste da RMP, pudemos sugerir que houve um aumento na tolerância ao alongamento.

A relação dos efeitos agudos e crônicos do alongamento por FNP na ADM com o aumento da tolerância ao alongamento refere-se à um efeito de analgesia dos receptores locais (inibindo a transmissão da dor), como sugerem Magnusson *et al.* (1996a) e Avela *et al.* (1999). Neste caso, o aumento da ADM em ambos os grupos experimentais pode ter sido influenciado pelo aumento da tolerância ao alongamento. No entanto, não é possível descartar que a avaliação do torque passivo inicial tenha participado de alguma forma nos resultados finais de todos os grupos, assim como foi sugerido sua influência no grupo Controle que, sequer, foi submetido aos exercícios de alongamento.

5.1.2 Rigidez Muscular Passiva (RMP)

Os protocolos de alongamento utilizados neste trabalho não foram capazes de influenciar as propriedades viscoelásticas da unidade músculo-tendínea de modo que a variável rigidez muscular passiva (RMP) diminuísse significativamente. Isto

pôde ser observado com os seguintes valores de p : 0,441, 0,861 e 0,820 para os grupos FNP1, FNP2 e Controle, respectivamente.

Estes achados estão em desacordo com a hipótese H2 onde se supôs uma diminuição na RMP após ambos os protocolos de alongamento.

Esperava-se que a ADM e a RMP respondessem por igual ou semelhante como, por exemplo, no estudo de Nordez *et al.* (2006). Estes autores verificaram que após um protocolo de alongamento estático formado por 5 repetições de 30s ocorre um aumento da ADM (6,8%) e uma diminuição da RMP (27,6%) nos músculos isquiotibiais de forma significativa. Assim também verificaram Morse *et al.* (2008) ao utilizarem um protocolo de alongamento estático com a duração total de 5min (5 repetições de 60s). Estes autores obtiveram um aumento de 17% na ADM e uma diminuição na RMP de 47%. Nota-se que o protocolo de Nordez *et al.* (2006) assemelha-se ao protocolo curto utilizado nesta pesquisa, assim como o protocolo longo se aproxima do que foi utilizado por Morse *et al.* (2008). Contudo, as diferenças entre estas pesquisas e o presente trabalho estão, além da duração dos alongamento, na técnica de alongamento (estática) e no segmento avaliado (tornozelo, no caso de Morse *et al.* (2008)). Estes e outros fatores podem ter sido determinantes nas diferenças encontradas entre o estudos citados e a presente pesquisa.

A relação entre o aumento da ADM e a diminuição na RMP também é demonstrada positivamente em protocolos de maior duração, como o que foi aplicado por Magnusson *et al.* (1996c). Neste caso, utilizaram um protocolo de alongamento de 5 repetições de 90s e observaram um relaxamento viscoelástico ao longo das repetições, tendo como resposta final o aumento da ADM e a diminuição da tensão viscoelástica. Em contrapartida, Whatmann *et al.* (2006) não obtiveram alterações significativas, tanto na RMP quanto na ADM, ao utilizarem um protocolo de alongamento estático mais curto, formado por 4 repetições de 20s. Desta forma pode-se inferir que deve haver uma fronteira na relação tempo-efeito ainda não definida, assim como diferenças metodológicas e morfológicas dos voluntários capazes de influenciar a comparação desses resultados como os resultados do presente trabalho.

Em um estudo recente observou-se haver a dissipação dos efeitos do alongamento durante o período de repouso (30s) ao ser utilizado um protocolo de alongamento estático considerado de baixa duração (3 repetições de 45s)

(MAGNUSSON *et al.*, 2000a). Assim como Whatmann *et al.* (2006), estes autores não observaram alterações significativas e afirmaram que o protocolo utilizado não é capaz de modificar as propriedades viscoelásticas imediatamente após a aplicação do alongamento.

A duração do protocolo de Magnusson *et al.* (2000a) é semelhante à do protocolo de curta duração utilizado nesta pesquisa (4 repetições de 30s) e maior que o protocolo utilizado por Whatmann *et al.* (2006). No entanto, a técnica de alongamento utilizada foi a estática para ambas as pesquisas, e o efeito mecânico do alongamento estático pode ser diferenciado do alongamento por FNP. Adicionalmente, o período de repouso de 30s utilizado por Magnusson *et al.* (2000a) é inferior ao tempo de 5 min que esta pesquisa precisou para avaliar a ADM, posicionar o voluntário no dinamômetro e, finalmente, realizar o teste. Esta sequência de procedimentos, realizada imediatamente após o alongamento por FNP, pode ter dissipado os efeitos do alongamento por FNP, ainda que Sperrnoga *et al.* (2006) tenham afirmado que tais efeitos possam durar até 6 minutos utilizando o alongamento por FNP com 5 repetições de 14s nos músculos isquiotibiais.

Os protocolos utilizados nos grupos FNP1 e FNP2 podem ter ocasionado somente alterações na tolerância ao alongamento, como foi sugerido no item 5.1.1 e defendido por Magnusson *et al.* (2000a). Isto porque os resultados observados na variável RMP não mostram diferenças significativas após a aplicação dos protocolos. Esta mesma indiferença aos efeitos dos protocolos foi identificada na avaliação do torque ativo, onde esperou-se uma mudança aguda das propriedades viscoelásticas à uma magnitude capaz de influenciar significativamente o desempenho da força muscular.

O aumento da tolerância ao alongamento pode ter ocorrido devido à alterações nas propriedades neurais (mudanças nos receptores da dor, citado anteriormente), ou os protocolos escolhidos foram incapazes de induzir suficientes modificações nas propriedades viscoelásticas, ao contrário do que Taylor *et al.* (1990) sugerem acontecer.

Em outra perspectiva, os resultados obtidos para a ADM e RMP neste estudo podem reforçar a possível dissociação entre a medida da ADM e a RMP, como sugerem o estudo de Aquino *et al.* (2006). Estes autores afirmam que a flexibilidade, relacionada freqüentemente ao aumento da ADM e à diminuição da rigidez, não

esteja diretamente vinculada somente à estes fatores. Neste caso, é possível que estas duas variáveis devam ser pesquisadas separadamente.

5.2 AVALIAÇÃO DO TORQUE ATIVO E ELETROMIOGRÁFICA

5.2.1 Amplitude de Movimento (ADM)

Os resultados obtidos na análise desta variável se revelaram de acordo com a hipótese H1 formulada: somente os grupos FNP1 e FNP2 tiveram aumento significativo na ADM durante a reavaliação da ADM e o aumento previsto para o grupo FNP2 foi maior que para o grupo FNP1.

A metodologia utilizada na avaliação da ADM foi igual tanto na avaliação do torque passivo quanto na avaliação do torque ativo. No entanto, o alongamento “extra”, provocado pelo dinamômetro durante a avaliação do torque passivo, pode ter sido o responsável pelas diferenças nos resultados entre os dois dias de avaliação.

Em resposta ao protocolo curto (2 min) e ao protocolo longo (4 min), os resultados encontrados na avaliação da ADM estão de acordo com os resultados de Ryan *et al.* (2008) e Grego Neto e Manffra (2009), que relatam o surgimento de maiores efeitos agudos na ADM em função de protocolos longos de alongamento do que em protocolos mais curtos. Neste caso, Ryan *et al.* (2008) encontraram um aumento crescente de 8%, 14% e 13% após 2, 4 e 8min de alongamento estático dos músculos plantiflexores, respectivamente. De forma semelhante, Grego Neto e Manffra (2009) observaram um aumento de 5% e 6,5% na ADM dos músculos isquiotibiais após um protocolo de alongamento estático de 3 e 6min respectivamente.

O aumento da ADM foi associado por Ryan *et al.* (2008) às diferenças nos protocolos, sendo que um protocolo de alongamento estático de 8min, aplicado por diferentes autores (MAREK *et al.*, 2005; CRAMER *et al.*, 2005; 2007) provocou maior aumento da ADM que os protocolos utilizados no presente estudo (2 e 4 min).

É possível comparar estes resultados com o presente trabalho ao considerar que os ganhos obtidos foram igualmente significativos, neste caso, 6,1% e 13% para os protocolos curtos e longos, respectivamente. No entanto, estes valores podem revelar outras características pertinentes, tais como as técnicas empregadas, os segmentos avaliados, entre outras já foi descritas anteriormente. Estes fatores ainda não estão definidos e precisam ser investigados em pesquisas futuras.

Um exemplo remete ao estudo de Zakas (2005) que utilizou um protocolo acentuadamente mais curto de alongamento estático (30s) e observou um aumento de eficaz de 11,3% na ADM de adolescentes jogadores de futebol (idade média de 16 anos). Neste caso, um protocolo de alongamento muito inferior ao deste trabalho resultou em uma alteração significativa da ADM, o que pode ser explicado pela diferença na quantidade de tecido conjuntivo na unidade músculo-tendínea (KANNUS *et al.*, 2000), assim como a possibilidade da AST ser menos desenvolvida nestes indivíduos do que em jovens adultos avaliados em outras pesquisas.

O aumento na ADM nos grupos FNP1 e FNP2 pode ter causas relacionadas às mudanças nas propriedades viscoelásticas, defendida por McHugh *et al.* (1992), ou à tolerância ao alongamento, segundo Magnusson *et al.* (1996b), como foi descrito no item 5.1.1.

Antes de fundamentar as comparações entre os autores, devem ser consideradas as diferenças entre os grupos musculares avaliados (relativas à rigidez músculo-tendínea individual e AST, por exemplo), o biotipo e histórico de atividade física e alongamento dos voluntários, entre outros fatores.

5.2.2 Pico de Torque (PT) e Trabalho Máximo (TM)

Os números mostram que nenhum dos protocolos aplicados nesta pesquisa proporcionaram modificações significativas nos valores de PT (valores de p para os grupos FNP1 (0,434), FNP2 (0,294) e Controle (0,288), ao contrário do que se supunha com a hipótese H3.

Alguns estudos apontaram déficits nas variáveis isocinéticas após a aplicação dos exercícios de alongamento também apresentaram divergências a respeito dos efeitos dos protocolos.

Autores como Zakas *et al.*(2006a), Rubini *et al.*(2007) e Ryan *et al.*(2008) defendem que os déficits no desempenho muscular após o alongamento é tempo-dependente, isto é, quanto maior o tempo total do alongamento, maior seria o déficit na força muscular. Os protocolos deste estudo foram baseados nas recomendações do Colégio Americano de Medicina Esportiva (ACSM) (2003), que, mesmo elaborados com a finalidade de aumentar a ADM, ocasionaram déficits na força muscular em estudos como de Rubini *et al.* (2005) e Mello e Gomes (2005).

Enquanto Mello e Gomes (2005) encontraram déficits de 11,4% o PT dos músculos flexores de joelho após a aplicação da técnica de alongamento por FNP, neste trabalho não foi possível observar déficits tão significativos. O mesmo acontece ao se comparar com os estudos de Rubini *et al.* (2005) que observaram diminuições significativas no PT em contrações isométricas de músculos adutores de quadril à 30° e 45°, tendo como resultado, uma diminuição de 10,9% e 12,3%, respectivamente. Este autores aplicaram o alongamento por FNP com 4 repetições de 30s. Em contrapartida, protocolos de longa duração também causaram déficits significativos na força muscular, como pôde ser visto nos estudos de Fowles *et al.*(2000), Marek *et al.* (2005), Weir *et al.*(2005), Grego Neto e Manffra (2009).

Com base nos estudos citados acima, poderia ser esperado que tanto os protocolos de longa duração quanto os protocolos de curta duração provocassem déficits no pico de torque. Isto porque não está claro na literatura científica como se comportam os protocolos de alongamento que causam déficits na força muscular caso fossem realizados com outra técnica de alongamento (a FNP, por exemplo), ou quais seriam as reações imediatas de outros grupos musculares submetidos ao alongamento.

A respeito da tolerância ao alongamento, ao ativar a musculatura com as contrações isométricas (técnica FNP "Contraí-relaxa") os mecanorreceptores presentes nos músculos, tendões e articulação, assim como os receptores da dor, sofreriam uma diminuição da sensibilidade local, aumentando o seu limiar de ativação. Isto ocasionaria um aumento na tolerância ao estímulo do alongamento, como sugeriram Magnusson *et al.*(1996a) e Avela *et al.*(1999).

Além do aumento da tolerância, a ativação neuromuscular, que, de acordo com Powers (2000), é um fator determinante para a produção de força muscular (e, conseqüentemente para o desempenho do PT e do TM), também poderia ter se

alterada, contudo, os resultados obtidos para o valor RMS do sinal EMG não demonstraram isto, como pode ser visto no tópico a seguir.

É possível também que indivíduos com alta tolerância ao alongamento tenham aprendido a atenuar o reflexo da dor, que, segundo Kokkonen *et al.* (2005) faz com que os protocolos de alongamento utilizado em pesquisas científicas induzam à um déficit pequeno ou inexistente.

Outro fator que pode fundamentar o comportamento dos grupos em relação às variáveis PT e TM pode ser a ausência de alterações na variável RMP. É possível que ambos os protocolos de alongamento não tenham alterado a rigidez músculo-tendínea a ponto de influenciar a mecânica dos componentes contráteis, assim como alterar a capacidade do tendão em transferir a força muscular para a alavanca óssea (KOKKONEN, *et al.*, 1998; BOJSEN-MOLLER *et al.*, 2005). Isto por que, de acordo com o estudo de Ryan *et al.* (2008), quanto maior o tempo total dos protocolos de alongamento, maiores são as chances de ocorrer alterações nas propriedades mecânicas da unidade músculo-tendínea, como foi previsto na hipótese H3.

Os protocolos utilizados por Ryan *et al.* (2008) eram formados com tempos de duração semelhantes aos recomendados ACSM (4, 8 e 16 repetições de 30s, totalizando 2, 4 e 8min respectivamente). No entanto, Fowles *et al.* (2000), utilizando um protocolo de alongamento estático com tempo total de 30 min; Weir *et al.* (2005), aplicando a técnica estática por 10 min; e recentemente, Herda *et al.* (2008), que utilizaram um protocolo de alongamento estático totalizando 20 min; constataram déficits significativos na força muscular. É possível que haja um limite de tempo entre 8 e 10 min que possa distinguir o início dos efeitos deletérios no desempenho muscular, já que estas pesquisas apontaram efeitos negativos significativos no desempenho muscular utilizando tempos totais acima de 10 min. Esta observação pode ser considerada se testes realizados com contrações isométricas máximas não puderem ser comparadas com as contrações concêntricas máximas, já que estas podem sofrer déficits após o exercícios de alongamento com até 8 min de manutenção, como ocorreu em alguns estudos (MAREK *et al.*, 2005; MELLO *et al.*, 2005; CRAMER *et al.*, 2007; GREGO NETO e MANFFRA, 2009).

Em uma outra perspectiva, foi possível aceitar a hipótese H3 para a variável TM, que afirma a ausência de alterações nesta variável independente do protocolo utilizado.

Neste caso, é possível que exista uma relação entre os protocolos de alongamento utilizados, incluindo o tipo de alongamento, e o efeito em variáveis como o pico de torque e o sinal eletromiográfico, porém, esta relação não se confirma quando são analisados aspectos do desempenho muscular como o trabalho máximo e o ângulo do pico de torque, conforme os estudos de Cramer *et al.* (2007).

A avaliação do efeito do alongamento no TM permite verificar fatores que poderiam alterar a relação ângulo-torque como a rigidez da unidade músculo-tendínea (CRAMER *et al.*, 2007), por isso esta variável se fez importante nas relações feitas neste estudo.

O TM não precisa ser necessariamente associado às alterações no PT, pois, segundo Marek *et al.* (2005), a força máxima que se concentra na parte da curva relacionada ao PT pode ser distribuída ao longo dela após sofrer os efeitos do alongamento sem que ocorram alterações nesta variável. No presente estudo, não foram encontradas alterações significativas tanto no PT quanto no TM.

O grupo Controle apresentou um aumento inesperado para esta variável. No entanto, este aumento não é uniforme dentro de todo o grupo pois a variação percentual obtida foi de $5,8\% \pm 9,17$. O valor do desvio-padrão, neste caso, supera a diferença relativa média. Devido a esta variabilidade de comportamento, ele se tornou indistinguível dos demais grupos quando foi realizada a comparação das diferenças percentuais no TM. O aumento no TM do grupo Controle pode ter acontecido simplesmente pelo efeito do treinamento promovido na avaliação inicial isocinética.

A teoria sobre o aumento do TM no grupo Controle também pode ser sustentada pelos resultados do valor RMS do músculo semitendinoso (sinal EMG), discutido no próximo item.

Os resultados de alguns estudos condizem com a afirmação de Ryan *et al.* (2008) sobre a relação do tempo total dos protocolos de alongamento com as alterações nas propriedades mecânicas da unidade músculo-tendínea. Enquanto Cramer *et al.* (2007), utilizando um protocolo de alongamento estático de 8 min, verificaram diminuição no PT (3,4%) e no sinal EMG (11%) (sem alterações no TM), Grego Neto e Manffra (2009) (utilizando um protocolo de alongamento estático de 6 min), obtiveram déficits tanto no PT quanto no TM. Porém, em comparação com estes resultados, os protocolos de alongamento de longa e curta duração desta

pesquisa não puderam causar alterações significativas nas variáveis PT, TM e no sinal EMG.

Cramer *et al.* (2007) obtiveram além do aumento na ADM e uma diminuição significativa do PT, sugerindo um provável achatamento da curva ângulo-torque. Esta deformação da curva pode demonstrar uma redução do pico de força máxima, porém, também sugere que o exercício de alongamento teria ocasionado um efeito de distribuição da produção de força muscular em outros ângulos articulares da curva, assim como sugeriram Marek *et al.* (2005).

Como os protocolos de alongamento por FNP desenvolvidos para este estudo não foram capazes de alterar de forma significativa a RMP, é possível que a falta de modificações nas propriedades mecânicas tenham refletido na variável TM.

5.2.3 Valor RMS dos Músculos Bíceps Femoral (RMS Bf) e Semitendinoso (RMS St)

Os resultados da presente pesquisa não puderam confirmar a hipótese H4 que defendia a ocorrência de maiores déficits no valor RMS do sinal EMG após o protocolo de alongamento por FNP de 4min em comparação com o protocolo de 2min.

De acordo com Avela *et al.* (1999) e Avela *et al.* (2004), a atividade eletromiográfica está relacionada à ativação neuromuscular local e pode apresentar déficits se for avaliada imediatamente após a submissão de exercícios de alongamento. Esta afirmação se apresenta contrária ao que foi obtido neste trabalho, porém semelhante aos resultados de Cramer *et al.* (2005;2007) e Marek *et al.* (2005). Avela *et al.* (1999) e Avela *et al.* (2004) associaram os efeitos do alongamento no sinal EMG com a redução no sistema reflexo neuromuscular.

Outros autores também afirmaram que os exercícios de alongamento causariam déficits no desempenho muscular em decorrência do impacto que estes causassem nas propriedades neurais (FOWLES *et al.*, 2000). Estes, no entanto, utilizaram um protocolo de alongamento com tempo total acima de 8 min, além e obterem déficits neurais concomitantemente à déficits no variável PT.

Se for possível correlacionar os efeitos do alongamento nas variáveis PT e valor RMS, como fizeram os autores supracitados, então os resultados desta pesquisa estariam coerentes ao se observar alterações insignificantes tanto para o PT como para o valor RMS. Em contrapartida, Herda *et al.* (2008) não observaram déficits no sinal EMG utilizando o alongamento estático (total de 8min), porém observaram diminuição no PT.

Ryan *et al.* (2008) não observaram déficits em ambas as variáveis (sinal EMG e PT) com protocolos de alongamento estático de curta duração semelhantes aos utilizados nesta pesquisa (2,4 e 8 min). É importante ressaltar que nestes trabalhos foi empregado o alongamento estático e avaliado o sinal de EMG em contrações isométricas. Mesmo assim, os resultados de Ryan *et al.* (2008) não foram diferentes deste estudo, que utilizou um protocolo com o alongamento por FNP e avaliou contrações isocinéticas.

Tais fatos permitem sugerir que as respostas neurais aos efeitos do alongamento podem não depender da técnica utilizada ou do tipo de contração muscular na avaliação do sinal EMG. No entanto, testes aspectos não puderam ser confirmados na presente pesquisa pois somente um modo de contração foi avaliado (isocinético), assim como uma única técnica de alongamento foi aplicada (por FNP).

O protocolo longo de alongamento por FNP do presente estudo poderia afetar as propriedades neurais envolvidas no desenvolvimento de força muscular máxima por dois motivos. Primeiro, porque esta técnica envolve mecanismos de inibição da atividade neural (SHARMAN *et al.*, 2006), o que poderia, já nesta fase, causar algum efeito nesta propriedade e revelar características ainda não determinadas na literatura científica. Em segundo lugar, o limite de tempo necessário para que um exercício de alongamento inicie um mecanismo de déficit neural ainda não é conhecido, e eleva a questão sobre a pertinência em averiguar diferentes protocolos de alongamento nesta propriedade, especialmente no que se refere à inclusão da técnica de alongamento por FNP, considerada por alguns autores altamente eficaz no ganho de ADM (DAVIS *et al.*, 2005; SHARMAN *et al.*, 2006; SPERNOGA *et al.*, 2001). Além do mais, a capacidade do alongamento por FNP em aumentar a ADM de forma mais eficaz que outras técnicas suscitaram o interesse em verificar seus efeitos nestas propriedades, mesmo com um protocolo de alongamento considerado de curta duração.

O aumento significativo da ADM desta pesquisa pode ser um ponto de interesse fisiológico a ser destacado, sendo este aumento atribuído ao aumento da tolerância ao alongamento, citado anteriormente. Neste caso, a tolerância ao alongamento pode estar mais relacionada às alterações em receptores articulares e receptores da dor, do que à atividade neural necessária para ativar a contração muscular, sendo esta a captação esperada pelos eletrodos eletromiográficos.

Um outro resultado apontou o aumento inesperado na variável valor RMS St do grupo Controle, onde pode-se inferir que a avaliação isocinética pré-alongamento possa ter ocasionado um aumento na ativação neural local, responsável pelo recrutamento das unidades motoras e geração da força muscular, que perdurou durante o período de repouso. Esta ativação traria para a avaliação isocinética pós-repouso a vantagem de um potencial de pós-ativação muscular, como é descrito nos estudos de Sale (2002). O mesmo pode ter ocorrido para a variável TM discutida anteriormente.

A ocorrência deste evento somente no músculo semitendinoso (St) pode também ser relacionada com os resultados de Onishi *et al.* (2002) que, por meio de uma avaliação eletromiográfica de agulha, apontam uma maior ativação neural do músculo bíceps femoral (Bf) (porção longa) durante a flexão do joelho em determinados ângulos articulares (entre 15° e 30°). No entanto, entre 90° e 105° predominam maior atividade EMG nos músculos semitendinoso, semimembranoso e bíceps femoral (porção curta).

Características morfológicas da porção longa do Bf, assim como o ângulo de penetração, a área de secção transversa (AST) e o comprimento de fibra, podem ser fatores significantes dos músculos flexores do joelho avaliados nesta pesquisa, sendo estes capazes de modificar variavelmente a amplitude do valor RMS (ONISHI *et al.*, 2002). Além destas características morfológicas, a sensibilidade do fuso muscular e do OTG, além de fatores biomecânicos como a resistência passiva e ativa dos músculos antagonistas, também podem influenciar as características da atividade EMG, como sugerem Onishi *et al.* (2002).

5.2.4 Repetição Máxima

Os resultados apresentados para esta variável não permitiram que a hipótese 5 pudesse ser confirmada. Esta hipótese previa uma maior ocorrência do pico de torque na terceira repetição após ambos os protocolos de alongamento. De acordo com a tabela 6 no capítulo de resultados, pôde-se observar uma maior ocorrência de pico de torque na primeira e segunda repetições. O mesmo ocorreu quando se comparou o número de repetições nas condições pré e pós-alongamento.

Para o grupo FNP1, que utilizou um protocolo de alongamento totalizando 2 min, o PT aconteceu em sua maioria na primeira repetição antes e após o alongamento. O grupo FNP2, utilizando um protocolo de alongamento mais longo (4 min), apresentou a ocorrência de picos de torque também em sua maioria na primeira repetição, antes e após os alongamentos. Contudo, na condição pós-alongamento, houve uma distribuição de ocorrência do PT nas outras repetições (2ª e 3ª repetição) para este grupo. O grupo Controle, teve um maior número de ocorrências de picos de torque na segunda e terceira repetições antes e após o repouso.

Os resultados referentes ao grupo FNP2 indicam que um protocolo de alongamento mais longo, apesar de não ter causado déficits estatisticamente significativos no PT, podem causar a distribuição da ocorrência de contrações musculares máximas nas repetições subseqüentes após o alongamento, de acordo com as afirmações de Grego Neto e Manffra (2009). Este fato revela que alongamentos com duração total de 4 min podem impedir que o desempenho muscular máximo ocorra na primeira contração muscular. Tais resultados podem ser relevantes para atletas de alto desempenho, os quais esses mínimos efeitos são significantes no desempenho físico final.

A manutenção da maioria dos picos de torque do grupo FNP1 nas primeiras contrações (pós-alongamento) pode revelar a presença de influências neurais e mecânicas intrínsecas já discutidas neste trabalho. O fato do alongamento curto não ter comprometido a concentração de força máxima na primeira repetição pode também significar a ausência do comprometimento dos resultados da variável PT.

Ao causar as diferenças citadas anteriormente, o protocolo de alongamento de longa duração (grupo FNP2), pode estar trazendo a informação de que, em

algum momento entre 2 e 4 min, um efeito agudo neural ou mecânico de impacto negativo possa ter ocorrido.

O alongamento pode estar colocando a unidade músculo-tendínea em uma posição onde as unidades contráteis (sarcômeros) possam ter uma maior excursão, retardando o alcance do PT nas contrações subseqüentes (GREGO NETO e MANFFRA, 2009). Esta maior excursão, provavelmente proporcionada pelo alongamento, aumentaria a velocidade de contração dos sarcômeros, e, juntamente com a potencialização da energia elástica armazenada, aumentaria a força muscular (NELSON *et al.*, 2005; CRAMER *et al.*, 2007).

O grupo Controle, no entanto, teve um maior número de picos de torque na segunda e terceira repetição da avaliação pré-alongamento. Nesta situação, os picos de torque se distribuíram entre todas as três repetições (1ª repetição: 6 sujeitos, 2ª repetição: 5 sujeitos; 3ª repetição: 4 sujeitos). Diferente da avaliação pós-alongamento, onde os picos de torque se concentraram em sua maioria na primeira repetição após o repouso deste grupo.

Este fenômeno pode ser explicado pelo recrutamento das unidades motoras ocorrido na avaliação isocinética pré-alongamento já citado anteriormente (DeLUCA, 1997; MAREK *et al.*, 2005). Este pré-recrutamento pode ter aumentado a rapidez de ativação das células musculares contráteis, permitindo que um desempenho máximo fosse atingido logo na primeira repetição.

Ao se comparar os grupos é possível sugerir que os voluntários que foram submetidos aos protocolos de alongamento tiveram uma organização das fibras musculares a ponto de produzirem suas melhores contrações (picos de torque) nas primeiras repetições, diferentemente do grupo Controle. Este achado permite sugerir que exercícios de alongamento formados por protocolos semelhantes aos utilizados neste trabalho possam melhorar a força muscular máxima imediata.

5.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com a realização deste trabalho foi possível levantar diferentes sugestões para auxiliar na elucidação de questões que foram abordadas e ainda permanecem em aberto na literatura científica:

- Protocolos de alongamento: o emprego de outras técnicas de alongamento praticadas com outros tempos de duração e números de repetição poderão auxiliar na construção de protocolos e técnicas de alongamento, desde que estas pesquisas sejam direcionadas a populações e grupos musculares específicos;

- Especificidade amostral: avaliar o comportamento de pessoas sedentárias utilizando o mesmo protocolo de alongamento deste estudo, além de formar grupos específicos explorando o histórico de atividade física e de alongamento dos participantes;

- Duração dos efeitos do alongamento: além de definir os protocolos específicos de alongamento, sugere-se que futuros pesquisadores também se preocupem em verificar a duração tanto dos efeitos agudos quanto dos efeitos crônicos destes protocolos;

- Rigidez músculo-tendínea: com relação às propriedades da rigidez seria pertinente que futuras pesquisas fossem conduzidas no sentido de avaliar a rigidez não somente em relação à flexibilidade, mas pudessem considerar o trofismo muscular, sendo este um aspecto não analisado neste trabalho, porém constituinte de propriedades que influenciariam a rigidez músculo-tendínea (AQUINO *et al.*, 2006);

- Tipos de fibras musculares: sugere-se verificar em pesquisas futuras os efeitos de diferentes protocolos do alongamento em músculos ou grupos musculares com predominância de um tipo de fibra muscular, especialmente em indivíduos de diferentes raças, onde a diversidade do tipo de fibra muscular muitas vezes é mais aparente;

- Recursos tecnológicos de avaliação: sugere-se associar outros meios tecnológicos de avaliação como a ultrassonografia, utilizada por Kubo *et al.*(2001a) para averiguar a viscoelasticidade do tecido músculo-tendínea; a ressonância magnética, utilizada por Magnusson *et al.*(1998) para verificar a área de secção transversa do grupo muscular envolvido. Estes e outros recursos podem ser utilizados para analisar as propriedades neurais e mecânicas discutidas neste trabalho, a fim de elucidar os efeitos do alongamento em seus diferentes aspectos.

6 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos é possível concluir que ambos os protocolos causam aumento na amplitude de movimento e que o protocolo de maior duração causa maior impacto nesta variável.

Nenhum dos protocolos foi capaz de provocar alterações na rigidez músculo-tendínea pico de torque e trabalho máximo.

Os resultados da análise intergrupos e intragrupos também permitiram concluir que ambos os protocolos de alongamento por FNP não são capazes de influenciar negativamente a ativação neural dos músculos flexores do joelho (valor RMS dos músculos Bf e St).

Com base nos achados da presente pesquisa, pode-se concluir que ambos os protocolos foram capazes de promover alterações mecânicas quantitativas unicamente nas avaliações de ADM, sem que outras alterações mecânicas e neurais pudessem ser encontradas na avaliação do desempenho muscular.

REFERÊNCIAS

AAGAARD, P.; *et al.* Antagonist muscle co-activation during isokinetic knee extension. **Scandinavian Journal of Medicine Science Sports**. v. 10, p. 58-67, 2000.

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. 368p.

AQUINO, C. F.; *et al.* Análise da relação entre flexibilidade e rigidez passiva dos isquiotibiais. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v.12, n. 4, 2006.

AVELA, J.; HEIKKI, K.; PAAVO, K. V. Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching. **Journal of Applied Physiology**. v. 86, p.1283-1291, 1999.

AVELA, J.; *et al.* Neural and mechanical responses of the triceps surae muscle group after 1 h of repeated fast passive stretches. **Journal of Applied Physiology**. v. 96, p. 2325 - 2332, 2004.

BALLANTYNE, F.; FRYER, G.; McLAUGHLIN, P. The effect of muscle energy technique on hamstring extensibility: the mechanism of altered flexibility. **Journal of Osteopathic Medicine**. v. 6, n. 2, p. 59-63, 2003.

BANDY, W.D.; IRION, J.M. The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles. **Archives of Physical Medicine Rehabilitation**. v. 75, p. 54-61, 1994.

BANDY, W.D.; IRION, J.M.; BRIGGLES, M. The effect of time and for altered flexibility in human skeletal muscle. **Physical Therapy**. v. 77, p.1090-6, 1997.

BANDY, W. D.; SANDERS, B. **Exercício terapêutico: técnicas para intervenção**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 361 p.

BATISTA, L.H.; *et al.* Avaliação da amplitude articular do joelho: correlação entre as medidas realizadas com o goniômetro universal e no dinamômetro isocinético. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. v.10, n. 2, p. 193-198, 2006.

BEHM, D.G.; BUTTON, D.C.; BUTT, J.C. Factors affecting force loss with prolonged stretching. **Canadian Journal of Applied Physiology**. p. 262-272, 2001.

BEHM, D. G.; *et al.* Flexibility is not related to stretch-induced deficits in force or power. **Journal of Sports Science and Medicine**. v. 5, p. 33-42, 2006.

BLACKBURN, J.T.; *et al.* Sex comparison of extensibility, passive, and active stiffness of the knee flexors. **Clinical Biomechanics**. v. 19, n. 1, p.36-43, 2004.

BLACKBURN, J.T.; *et al.* Comparison of hamstring neuromechanical properties between healthy males and females and the influence of musculotendinous stiffness. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. v. 29, n. 5, p. 362-369, 2008.

BÖJSEN-MOLLER, J.; *et al.* Muscle performance during maximal isometric and dynamic contractions is influenced by the stiffness of the tendinous structures. **Journal of Applied Physiology**. v. 99, p. 986-994, 2005.

BONNAR, B.P.; DEIVERT, R. G.; GOULD, T. E. The relationship between isometric contraction durations during hold-relax stretching and improvement of hamstring flexibility. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v. 44, n. 3, p. 258, 2004.

BRADLEY, P.S.; OLSEN, P.D.; PORTAS, M.D. The effect of static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance. **Journal of Strength Condition and Research**. v.1, p. 223-226, 2007.

BRANCO, V.R.; *et al.* Relação entre a tensão aplicada e a sensação de desconforto nos músculos isquiotibiais durante o alongamento. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. v.10, n.4, p. 465-472, 2006.

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

BROCKETT, C.L.; MORGAN, D.L.; PROSKE, U. Human hamstring muscles adapt to eccentric by changing optimum length. **Medicine Science Sports Exercise**. v.33, p.783-790, 2001.

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

CORNWELL, A.; NELSON, A.G.; SIDAWAY, B. Acute effects of stretching on the neuromechanical properties of the triceps surae muscle complex. **European Journal of Applied Physiology**. v.86, p. 428-434, 2002.

CRAMER, J. T.; *et al.* The relationship among peak torque, mean power output, mechanomyography, and electromyography in men and women during maximal, eccentric isokinetic muscle actions. **European Journal of Applied Physiology**. v.86, p. 226-232, 2002.

CRAMER, J. T.; *et al.* Acute effects of static stretching on peak torque in women. **Journal of Strength Condition Research**. v. 18, p. 236-241, 2004.

CRAMER, J.T.; *et al.* The acute effects of static stretching on peak torque, mean power output, electromyography, and mechanomyography. **European Journal of Applied Physiology**. v. 93, p. 530-539, 2005.

CRAMER, J.T; BECK, T.W.; HOUSH, T.J. Acute effects of static stretching on characteristics of the isokinetic angle - torque relationship, surface electromyography, and mechanomyography. **Journal of Sports Science**. v. 25, p. 687-698, 2007.

CULAV, E.M.; CLARK, C.H.; MERRILES, M.J. Connective tissues: matrix composition and its relevance to physical therapy. **Physical Therapy**. v. 79, p. 308-319, 1999.

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

DAVIS, D. S.; *et al.* The effectiveness of 3 stretching techniques on hamstrings flexibility using consistent stretching parameters; **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 1, p. 27-32, 2005.

DeCOSTER, L.C.; *et al.* Standing and supine hamstring stretching are equally effective. **Journal of Athletic Training**. v.39, n.4, p.330–334, 2004.

DeDEYNE, P. G. Application of passive stretch and its implications for muscle fibers. **Physical Therapy**. v. 81, p. 819-827, 2001.

DeLUCA, C. J. The use of surface electromyography in biomechanics. **Journal of Applied Biomechanics**. Boston, v. 13, p. 135-163, 1997.

DePINO, G.M.; WEBRIGHT, W.G.; ARNOLD, B.L. Duration of Maintained Hamstring Flexibility After Cessation of an Acute Static Stretching Protocol. **Journal of Athletic Training**. v. 35, n. 1, p. 56-59, 2000.

DVIR, Z. **Isocinética** : Avaliações Musculares, Interpretações e Aplicações Clínicas. São Paulo: Manole, 2002. 201 p.

EGAN, A. D.; *et al.* Acute effects of static stretching on peak torque and mean power output on national players of division 1 Womens Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 20, n. 4, p.778-782, 2006.

ENOKA, R. M. **Bases Neuromecânicas da Cinesiologia**. 1ª edição. São Paulo: Manole, 2000, 450 p.

FELAND, J.B.; MYRER, J.W.; MERRILL, R.M. Acute changes in hamstring flexibility: PNF versus static stretch in senior athletes. **Physical Therapy in Sport**. v.2, p. 186-193, 2001a.

FELAND, J.B.; *et al.* The effect of duration of stretching of the hamstring muscle group for increasing range of motion in people aged 65 years or older. **Physical Therapy**. v.81, n.5, p.110-1117, 2001b.

FELAND, J.B.; MARIN, H.N. Effect of submaximal contraction intensity in contract-relax proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. **British Journal of Sports Medicine**. n. 38, p. 18-24, 2004.

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

FERREIRA, G.N.T.;SALMELA, L.F.T.;GUIMARÃES,C.Q. Gains in flexibility related to measures of muscular performance: Impact of flexibility on muscular performance. **Clinical Journal of Sports Medicine**. v.17, p. 276-281, 2007.

FOWLES, J. R.; SALE, D. G.; MacDOUGALL, J.D. Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexos. **Journal of Applied Physiology**. n. 89, p. 1179 – 1188, 2000.

FUKASHIRO,S.; HAY,D.C.; NAGANO,A. Biomechanical behavior of muscle-tendon complex during dynamic human movements. **Journal of Applied Biomechanics**. v.22, p. 131-147, 2006.

GAJDOSIK, R.; VANDER LINDEN, G.; WILLIAMS, A. Influence of age on length and passive elastic stiffness characteristics of the calf muscle-tendon unit of women. **Physical Therapy**. v.79, p.827-838, 1999.

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

GAJDOSIK, R. L; *et al.* A stretching program increases the dynamic passive length and passive resistive properties of the calf muscle-tendon unit of unconditioned younger women. **European Journal of Applied Physiology**. v.99, p. 449-454, 2007.

GAMA, Z. A. S.; *et al.* Influência da frequência de alongamento utilizando facilitação neuromuscular proprioceptiva na flexibilidade dos músculos isquiotibiais. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v.13, n. 1, p.33-38, 2007.

GREGO NETO, A; *et al.* Análise da Influência do Treinamento Isocinético da Musculatura Plantiflexora no Mecanismo Flexor do Joelho. **Fisioterapia em Movimento**. v.19, n.2, p. 25-35, 2006.

GREGO NETO,A.; MANFFRA, E.F.Influência do volume de alongamento estático dos músculos isquiotibiais nas variáveis isocinéticas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v. 15, n. 2, p.104-109, 2009.

GROVER, J.P.; *et al.* The effect of stretch rate and activation state on skeletal muscle force in the anatomical range. **Biomechanics**. v.22, p. 360-368, 2007.

GUISSARD, N.; DUCHATEAU, J.; HAINAUT, K. Mechanisms of decreased motoneurone excitation during passive muscle stretching. **Experimental Brain Research**. v.137, n.2, p. 163-9, 2001.

GUISSARD, N.; DUCHATEAU, J. Effect of static stretch training on neural and mechanical properties of the human plantar-flexor muscles. **Muscle Nerve**. v.29, p. 248-255, 2004.

HANDEL, M.; *et al.* Effects of contract-relax stretching training on muscle performance in athletes. **European Journal of Applied Physiology**. v.76, p.400-408, 1997.

HERDA, T. J.; *et al.* Acute effects of static versus dynamic stretching on isometric peak torque, electromyography, and mechanomyography of the biceps femoris muscle. **Journal of Strength and Condition Research**. v. 22, n.3, p. 809-17, 2008.

HERZOG, W.; LEONARD, T.R. The role of passive structures in force enhancement of skeletal muscles following active stretch. **Journal of Biomechanics**, v. 38, p.409-415, 2005.

KANNUS, P. Structure of the tendon connective tissue. **Scandinavian Journal of Medicine Science Sports**. n. 10, p. 312-320, 2000.

KAWAKAMI, Y.; *et al.* Effect of series elasticity on isokinetic torque–angle relationship in humans. **European Journal of Applied Physiology**. v.87, p. 381-387, 2002.

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

KOKKONEN, J.; NELSON, A.G.; ELDREDGE, C. Strength inhibition following an acute stretch is not limited to novice stretchers. **Research Quarterly for Exercise and Sport**. v.76, n. 4, p. 500-506, 2005.

KOKKONEN, J.; *et al.* B. Chronic static stretching improves exercise performance. **Medicine Science of Sports Exercises**. v.39, n.10, p.1825-31, 2007.

KRABAK, B.R.; *et al.* Neurophysiologic influences on hamstring flexibility: A pilot study. **Clinical Journal of Sport Medicine**. v. 11, p. 241-246, 2001.

KUBO, K.; *et al.* Influence of static stretching on viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. **Journal of Applied Physiology**. v. 90, p. 520-527, 2001a.

KUBO, K.; KANEHISA, H.; FUKUNAGA, I. M. Effects of isometric training on the elasticity of human tendon structures in vivo. **Journal of Applied Physiology**. v.91, p.26-32, 2001b.

KUBO,K.; *et al.* Effects of series elasticity on de human knee extension torque-angle relationship in vivo. **Research Quarterly for Exercise and Sport**. v.77, n.4, p.408-416, 2006.

MAGNUSSON, S.P.; SIMONSEN, E.B.; AAGAARD, P. A mechanism for altered flexibility in human skeletal muscle. **Journal of Physiology**. v. 497, p. 291-298, 1996a.

MAGNUSSON, S.P.; *et al.* Mechanical and physiological responses to stretching with and without preisometric contraction in human skeletal muscle. **Archives of Physiology Medicine Rehabilitation**. v. 77, p. 373-378, 1996b.

MAGNUSSON, S.P.; *et al.* Biomechanical responses to repeated stretches in human hamstring muscle in vivo. **American Journal of Sports Medicine**. v. 24, n.5, p. 622-628, 1996c.

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

MAGNUSSON, S.P.; AAGAARD, P.; NIELSON, J.J. Passive energy return after stretches of the hamstrings muscles-tendon unit. **Medicine Science Sports Exercise**. v.32, n.6, p. 1160-1164, 2000a.

MAGNUSSON, S.P.; *et al.* Passive tensile stress and energy of the human hamstring *in vivo*. **Scandinavian Journal of Medicine Science Sports**. v.10, p. 351–359. 2000b.

MAGNUSSON, P.; RENSTROM, P. The European College of Sports Sciences Position statement: The role of stretching exercises in sports. **European Journal of Sport Science**. v.6,n.2, p. 87-91,2006.

MAHIEU, N.N.; *et al.* Effect of static and ballistic stretching on the muscle-tendon tissue properties. **Medicine Science Sports Exercise**. v. 39, n.3, p.494–501, 2007.

MAHIEU, N.N.; *et al.* Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on the plantar flexor muscle-tendon tissue properties. **Scandinavian Journal of Medicine Science of Sports**. n.4, p.553-60, 2009.

MAREK, S.M.; *et al.* 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.

McATEE, R. E. **Alongamento Facilitado**; São Paulo: Manole, 1998. 110 p.

MCHUGH, M.P.; *et al.* Viscoelastic stress relaxation in human skeletal muscle. **Medicine Science Sports Exercise**. v. 24, n. 12, p. 1375-1382, 1992.

McHUGH, M. P.; HOGAN, D.E.; Effect of knee flexion angle on active joint stiffness. **Acta Physiology Scandinavian**. v. 180, p. 234-254, 2004.

McNAIR, P.J.; *et al.* Stiffness and passive peak force changes at the ankle joint: the effect of different joint angular velocities. **Clinical Biomechanics**. v.17, p.536–540, 2002.

MELLO, M. L.; PEREIRA, M.; GOMES, P. S. C. Acute effect of static and PNF stretching on dominant knee flexion and extension strength, **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 37, p. 183, 2005.

MITCHELL, U. H.; *et al.* Acute stretch perception alteration contributes to the success of the PNF “Contract-Relax”. **Stretch Journal of Sport Rehabilitation**. v. 16, p. 85-92, 2007.

MORSE, C.I.; *et al.* The acute effect of stretching on the passive stiffness of the human gastrocnemius muscle tendon unit. **Journal of Physiology**. v. 1, n. 586, p.97-106, 2008.

MOHAMED, O.; PERRY, J.; HISLOP, H. Relationship between wire EMG activity, muscle length, and torque of the hamstrings. **Clinical Biomechanics**. v.17, p. 569-579, 2002.

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

NELSON, A. G.; *et al.* Inhibition of maximal voluntary isokinetic torque production following stretching is velocity-specific. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 15, p. 241- 246, 2001.

NELSON, A.G.; *et al.* Acute effects of passive muscle stretching on sprint performance. **Journal of Sports Science**. v. 23, p. 449-454, 2005.

NORDEZ, A.; CORNU, C.; McNAIR, P. Acute effects of static stretching on passive stiffness of the hamstring muscles calculated using different mathematical models. **Clinical Biomechanics**. v. 21, n.7, p. 755-760, 2006.

OGURA, Y.; *et al.* Duration of static stretching influences muscle force production in hamstring muscles. **Journal of Strength and Conditional Research**. v.21,n.3, p. 788-92, 2007.

ONISHI, H.; *et al.* EMG-angle relationship of the hamstring muscles during maximum knee flexion. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. n. 12, p .399-406, 2002.

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

PARCELL, A. C., *et al.*; Minimum rest period for strength recovery during a common isokinetic testing protocol. **Medicine and Science in Sports and Exercises**. v. 34, n. 6, p. 1018-1022, 2002.

POLACHINI, L. O.; *et al.* Estudo comparativo entre três métodos de avaliação do encurtamento de musculatura posterior de coxa. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. v. 9, n. 2, p.187-193, 2005.

POWER, K.; *et al.* An acute bout of static stretching: Effects on force and jumping performance. **Medicine Science in Sports and Exercise**. v.36, p.1389-1396, 2004.

PROSKE, U.; MORGAN, D.L. Do cross-bridges contribute to the tension during stretch of passive muscle? **Journal of Muscle Research and Cell Motility**. v.20, p.433-442, 1999.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Fisiologia do exercício**: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho. São Paulo: Manole, 2000.

PRENTICE, W.E.; VOIGHT, M. L. **Técnicas em reabilitação musculoesquelética** São Paulo: ArtMed, 2003. 727p.

RASSIER, D.E.; HERZOG, W. Considerations on the history dependence of muscle contraction. **Journal of Applied Physiology**. v. 96, p. 419–427, 2004.

RASSIER, D.E.; HERZOG, W. Force enhancement and relaxation rates after stretch of activated muscle fibres. **Proceedings of the Royal Society Britain**. v. 272, p. 475–480, 2005.

REES, S.S.; *et al.* Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on stiffness and force-production characteristics of the ankle in active women. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 21, n. 2, p. 572-577, 2007.

ROSÁRIO, J. L. R.; MARQUES, A.P.; MALUF, S.A. Aspectos Clínicos do alongamento : Uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. v. 8, n.1,p. 83-88, 2004.

RUBINI, E.C.; PEREIRA, M.I.R.; GOMES, P.S.C. Acute effect of static and PNF stretching on hip adductor isometric strength. **Medicine Science in Sports and Exercise**. v. 37, n.5,p.183-184, 2005.

RUBINI, E. C.; COSTA, A.L.L.; GOMES, P. S. The effects of stretching on strength performance. **Sports Medicine**. v.37, p. 213-224, 2007.

RYAN, E.D; *et al.* Do practical durations of stretching alter muscle strength? A dose-response study. **Medicine and Science in Sports and Exercises**. v. 41, n. 2, p.1529 - 1537, 2008.

SALE, D.G. Postactivation potentiation: Role in human performance. **Exercise Sport Science Revision**.v. 30, p.138-143, 2002.

SALVELBERG, H. H. C. M.; MEIJER, K. Contribution of mono- and biarticular muscles to extending knee joint moments in runners and cyclists. **Journal of Applied Physiology**. v. 94, p.2241–2248, 2003.

SENIAM: Surface EMG for the non-invasive assessment of muscles. European recommendations for surface electromyography. Netherlands, 2000.

SHARMAN, M. J.; CRESSWELL, A. G.; RIEK, S. Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching mechanisms and clinical implications. **Journal of Sports of Medicine**. v.11, p. 929-939, 2006.

SHRIER, I.; GOSSAL, K. Myths and truths of stretching : Individualized recommendations for healthy muscles **The Physician and Sports Medicine**. v.28, n.8, 2000.

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

SHRIER, I. When and whom to stretch? **The Physician and Sports Medicine**. v. 33, 2005.

SIATRAS, T. A.; *et al.* The duration of the inhibitory eficaz with states stretching on the quadriceps peak torque production. **Journal of Strength Conditional Research**. v.22, n.1, p. 40-6, 2008.

SMITH, L. K.; WEISS, E. L.; LEHMKUHL, L. D. **Cinesiologia Clínica de Brunnstrom**. 5. ed. São Paulo : Manole, 1997.

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

STAFILIDIS,S.; ARAMPATZIS, A. Muscle-tendon unit mechanical and morphological properties and sprint performance. **Journal of Sports Sciences**. v. 25,n.9, p.1035-1046, 2007.

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

UNICK, J.; *et al.* The acute effects of static and ballistic stretching on vertical jump performance in trained women. **Journal of Strength and Conditional Research**. v.19, n.1, p.206-12, 2005.

WEIR, D.D; TINGLEY, J.; ELDER, G.C. Acute passive stretching alters the mechanical properties of human plantar flexors and the optimal angle of maximal voluntary contraction. **European Journal of Applied Physiology**. v.93, n.5-6, p. 614-23, 2005.

WHATMAN, C.; KNAPPSTEIN, A.; HUME, P. Acute changes in passive stiffness and range of motion post-stretching. **Physical Therapy in Sport**. v.7, p.195–200, 2006.

WITVROUW, E.; *et al.* Stretching and injury prevention : An obscure relationship. **Sports Medicine**. v. 34, n.7, p. 443-449, 2004.

VIEIRA, W. H. B.; *et al.* Efeito de duas técnicas de alongamento muscular dos isquiotibiais na amplitude de extensão ativa dos joelhos e no pico de torque. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. v. 9, n. 1, p.71-76, 2005.

YAMAGUCHI, T.; *et al.* Acute effect of static stretching on power output during concentric dynamic constant external resistance leg extension. **Journal of Strength Conditional Research**. v. 20, n.4, p.804-810, 2006.

YOON, T.S.; *et al.* Isometric and isokinetic torque curves at the knee joint. **Yonsei Medical Journal**. v. 32, n.1, 1991.

YOUNG, W.B.; BEHM, D.G.; Effects of running, static stretching and practice jumps on explosive force production and jump performance. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v. 1, p. 21, 2003.

YOUNG, W ; ELIAS, G; POWER, J. Effects of static stretching volume and intensity on plantar flexor explosive force production and range of motion. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v. 46. n. 3, 2006.

ZAKAS, A.; *et al.* A. Effects of stretching exercise during strength training in prepubertal, pubertal and adolescent boys. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**. v. 6, n. 3, p. 170-176, 2002.

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, 2005.

ZAKAS, A.; *et al.* 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, 2006a.

ZAKAS, A.; *et al.* Acute effects of active warm-up and stretching on the flexibility of elderly women. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v. 46, n. 4, pg. 617, 2006b.

APÊNDICES

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Eu, _____, RG nº _____, estou sendo convidado a participar de um estudo denominado: “EFEITO AGUDO DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE ALONGAMENTO POR FNP NO DESEMPENHO MUSCULAR E NA RIGIDEZ MÚSCULO-TENDÍNEA”, cujo objetivo é verificar cientificamente o grau de influência de diferentes protocolos de alongamento (técnica por FNP) imediatamente sobre o desempenho muscular máximo. Estou ciente que o estudo será realizado no centro de dinamometria isocinética da clínica escola da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR).

Para que a pesquisa possa ser totalmente concluída, sei que minha participação voluntária em três dias é de extrema importância. Estou de acordo que no primeiro dia serei submetido a uma avaliação física (verificação do peso e altura), o preenchimento da ficha de avaliação com meus dados pessoais e uma avaliação isocinética dos músculos posteriores da coxa. Declaro saber que a avaliação isocinética exige um esforço muscular significativo, e que o teste também obedecerá todos os rigores de segurança, de acordo com o Manual de Uso da CYBEX NORM (Sistemas de Teste e Reabilitação), que é a fabricante do equipamento. Este teste será realizado sob supervisão do pesquisador. Também estou de acordo que no segundo dia serei submetido ao teste de rigidez dos músculos da região posterior da coxa no mesmo dinamômetro isocinético. Este teste realiza lentamente o movimento de extensão do joelho (movimento de chutar a bola) até que seja sentido o alongamento dos músculos posteriores da coxa. Neste segundo dia serei submetido também a sessões de alongamento dos mesmos músculos citados acima com o auxílio e orientação do pesquisador.

Estou ciente também que no terceiro dia realizarei novamente o teste isocinético realizado no primeiro dia e serei submetido novamente ao alongamento muscular efetuado no segundo dia, seguindo os mesmos critérios de segurança e orientação.

Também estou ciente que, para o teste eletromiográfico, realizado junto com o teste isocinético no terceiro dia, serei submetido à raspagem dos pêlos de pequenas partes da região posterior da coxa com lâminas de barbear descartáveis seguida de limpeza local com gaze embebida de álcool. Este procedimento é necessário para a fixação dos eletrodos na pele e é imprescindível para que a coleta

dos sinais eletromiográficos seja feita de forma adequada. Para este procedimento serão utilizados eletrodos auto-adesivos descartáveis.

Caso aceite participar desta pesquisa, qualquer dúvida será esclarecida pelo pesquisador responsável, e que minha integridade física, moral e social serão preservadas.

Estou ciente que não deverei omitir nenhuma informação ao pesquisador relevante à qualquer intercorrência física ou emocional, principalmente no dia das minhas avaliações, podendo desta forma, prejudicar a os resultados.

Estou ciente que minha privacidade será respeitada, sendo que a elaboração final dos dados será feita de maneira codificada, respeitando a confidencialidade individual.

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

Os pesquisadores envolvidos com o projeto são João Pedro Batista Júnior, fisioterapeuta (CREFITO – 91796 F) e a Profª. Elisangela Ferretti Manffra. Poderei manter contacto com os pesquisadores pelos telefones: (041) XXXX- XXXX e (041) XXXX-XXXX, respectivamente. Uma ficha com os horários e local dos procedimentos, assim como os telefones dos pesquisadores, serão entregues aos participantes (Apêndice C).

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

Este termo foi lido por mim, e fui orientado quanto ao teor da pesquisa acima mencionada, compreendi então, a natureza e o objetivo do estudo do qual irei participar. Concordo voluntariamente em participar desta pesquisa, sabendo que não receberei nem pagarei nenhum valor por minha contribuição.

Assinatura do sujeito da pesquisa

Assinatura do Pesquisador

APÊNDICE B - MODELO DE FICHA DE AVALIAÇÃO FÍSICA INDIVIDUAL

Ficha de Avaliação								
Código: _____ Idade: _____ Altura: _____ cm Peso: _____ kg IMC: _____	Data: ____/____/____ Grupo: _____							
- Histórico de saúde 1. Já realizou cirurgia? _____ Parte do corpo: _____ Quando? _____ 2. Já sofreu algum tipo de lesão nos membros inferiores? _____ Parte do corpo: _____ Quando? _____ 3. Sente dor ou desconforto em quadril (), joelho () ou tornozelo ()? ____ Desde quando? _____								
- Histórico de atividade física 1. Realiza atividade física? _____ Qual? _____ Frequência: _____ Há quanto tempo? _____ 2. Realiza alongamento dos músculos do M. inferior? _____ Isquiotibiais? _____ Frequência: _____ Tempo: _____ Repetições: _____ Há quanto tempo? _____								
- Avaliação da ADM <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center; vertical-align: middle;">1</td> <td style="width: 45%;"> Antes (1): _____ Antes (2): _____ Antes (3): _____ </td> <td style="width: 50%;"> Após (1): _____ Após (2): _____ Após (3): _____ </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">2</td> <td> Antes (1): _____ Antes (2): _____ Antes (3): _____ </td> <td> Após (1): _____ Após (2): _____ Após (3): _____ </td> </tr> </table>			1	Antes (1): _____ Antes (2): _____ Antes (3): _____	Após (1): _____ Após (2): _____ Após (3): _____	2	Antes (1): _____ Antes (2): _____ Antes (3): _____	Após (1): _____ Após (2): _____ Após (3): _____
1	Antes (1): _____ Antes (2): _____ Antes (3): _____	Após (1): _____ Após (2): _____ Após (3): _____						
2	Antes (1): _____ Antes (2): _____ Antes (3): _____	Após (1): _____ Após (2): _____ Após (3): _____						
- Pico de torque: _____ N/m. (Obtido do teste realizado no 1º dia)								

**APÊNDICE C - MODELO DE FICHA PARA AGENDAMENTO DA PARTICIPAÇÃO
DOS INDIVÍDUOS NA PESQUISA**

Pesquisa: Efeito Agudo de diferentes protocolos de alongamento por FNP no desempenho muscular e na rigidez músculo-tendínea.

Código do participante: _____

Pesquisadores: João Pedro Batista Júnior e Elisangela Ferretti Manfra

Telefones para contato: (041) XXXX- XXXX e (041) XXXX-XXXX

Local dos procedimentos: Clínica de Fisioterapia da PUCPR – Curitiba

AGENDAMENTO

Primeiro dia

____/____/2008.

Horário: _____

Segundo dia

____/____/2008.

Horário: _____

Terceiro dia

____/____/2008.

Horário: _____

APÊNDICE D - TABELAS REFERENTES À VALORES OBTIDOS NA AVALIAÇÃO DA ADM E DO TORQUE PASSIVO

TABELA D1: VALORES OBTIDOS NO TESTE DE CONFIANÇA INTER E INTRA- AVALIADORES PARA A AVALIAÇÃO DA ADM.

Repetições	Avaliador 1	Avaliador 2	Avaliador 3	Médias	Desvio - Padrão	Coeficientes de Variação
1	65	66	65	65	0,577	0,01
2	66	66	66	66	0	0
3	66	65	66	65	0,816	0,01
4	67	68	67	67	0,577	0,01
5	66	67	67	66	0,577	0,00874
6	68	68	67	67	0,816	0,00861
7	68	67	68	67	0,816	0,00861
8	68	68	68	68	0	0
9	67	68	67	67	0,577	0,00861
10	69	68	69	68	0,816	0,00849
Médias	67	67	67		0,696	
Desvio - Padrão	1	1	1		Média dos Coeficientes de Variação	0,01
Coeficientes de Variação	0,01	0,01	0,01		0,01	

TABELA D2: VALORES DO ÂNGULO DE FLEXÃO DE TRONCO OBTIDOS NO TESTE DE TORQUE PASSIVO DE TODOS OS VOLUNTÁRIOS

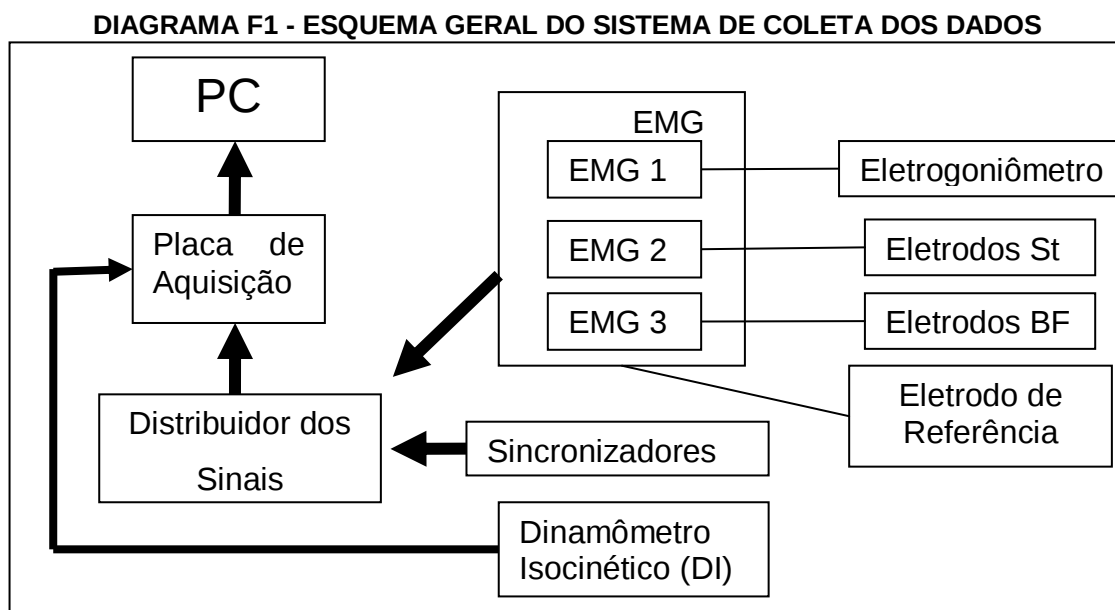
Código	Antes	Após	Código	Antes	Após	Código	Antes	Após
F01	70	70	F23	65	65	F43	67	67
F03	75	75	F24	42	42	F44	75	75
F04	50	50	F26	50	50	F45	70	70
F06	55	55	F27	65	65	F46	63	63
F07	70	70	F29	72	72	F49	72	72
F08	67	67	F30	80	80	F50	52	52
F09	95	95	F33	70	70	F53	55	55
F10	40	40	F34	78	78	F54	60	60
F13	60	60	F35	72	72	F55	85	85
F14	64	64	F36	64	64	F56	70	70
F15	65	65	F37	55	55	F57	65	65
F16	55	55	F38	75	75	F58	65	65
F17	65	65	F39	75	75	F59	45	45
F19	70	70	F41	72	72			
F20	80	80	F42	75	75			

APÊNDICE E - PICO DE TORQUE

TABELA E1 - VALORES DE PICO DE TORQUE OBTIDOS NA AVALIAÇÃO ISOCINÉTICA INICIAL PARA A DIVISÃO DOS GRUPOS.

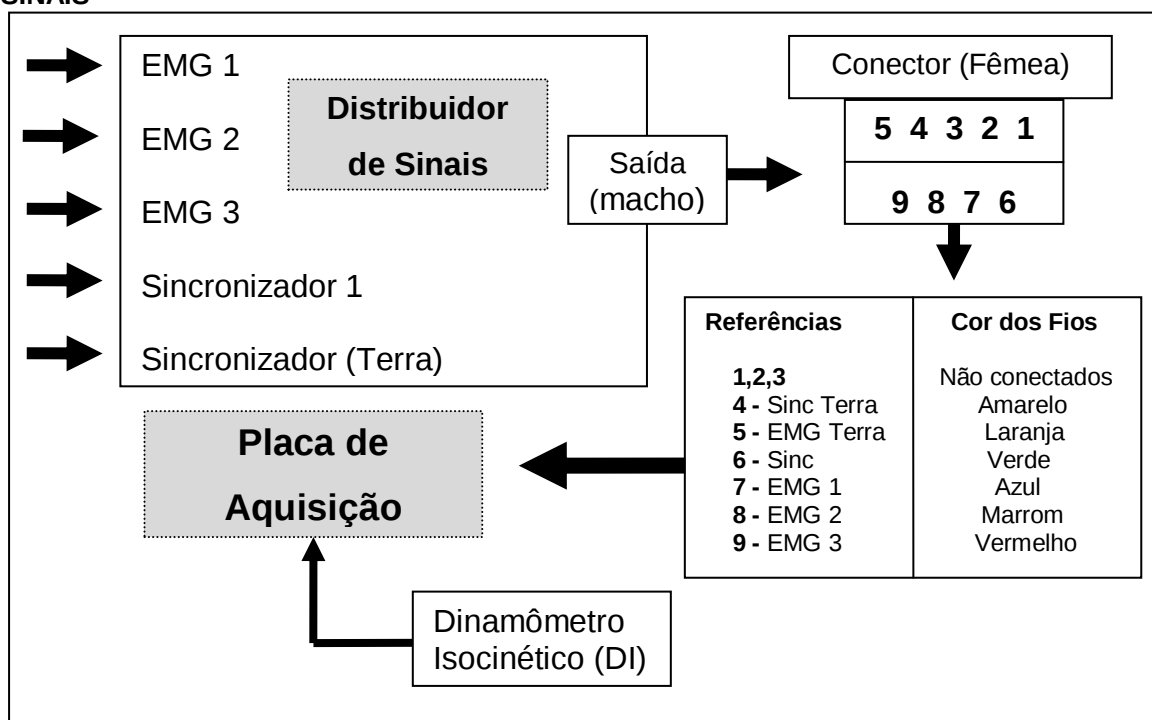
Grupo FNP 1		Grupo FNP 2		Grupo Controle	
Código	PT	Código	PT	Código	PT
F01	116	F04	88	F03	74
F06	118	F07	84	F08	91
F14	110	F09	116	F10	112
F16	88	F13	84	F17	67
F20	83	F15	125	F23	99
F24	124	F19	113	F27	99
F29	100	F26	116	F30	79
F34	89	F33	99	F42	96
F35	90	F36	91	F44	106
F39	82	F37	105	F45	90
F41	86	F38	75	F46	79
F50	88	F43	105	F49	126
F54	122	F53	108	F56	87
F55	105	F58	145	F57	136
				F59	101

APÊNDICE F – DIAGRAMA DO SETUP DE COLETA



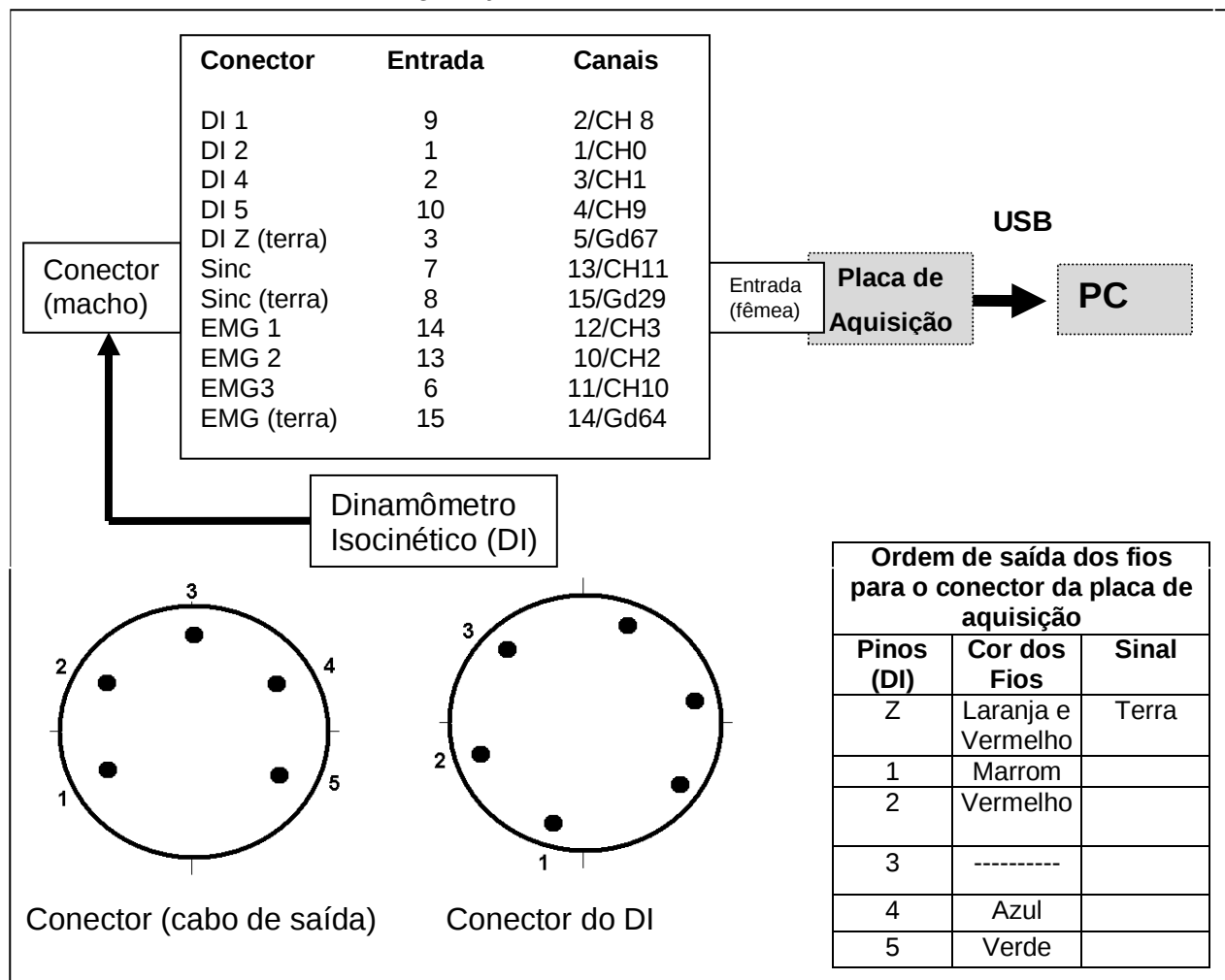
Neste diagrama é apresentado o eletromiógrafo (EMG) que amplificava e transmitia para o Distribuidor/Coletor de Sinais os sinais provindos do Eletrogoniômetro, Eletrodo St (músculo Semitendinoso) e Eletrodo BF (músculo Bíceps Femoral), exceto o sinal do eletrodo de referência que era utilizado pelo próprio EMG. O Distribuidor/Coletor de sinais também recebia sinais dos módulos sincronizadores, porém não do Dinamômetro Isocinético, que era ligado diretamente na Placa de Aquisição. A Placa de Aquisição recebia todos os sinais provindos do Distribuidor/Coletor de sinais e realizava a conversão analógica/digital dos mesmos para que pudessem ser processados em um programa no computador (PC).

DIAGRAMA F2 – ESQUEMA DA COLETA DOS SINAIS A PARTIR DO DISTRIBUIDOR DE SINAIS



Este diagrama mostra a entrada dos sinais provindos do eletromiógrafo (EMG 1,2,3), assim como dos sinais do sincronizador (1 e Terra) no Distribuidor/Coletor de Sinais. Um conector (fêmea) era ligado à saída (macho) do Distribuidor/Coletor de Sinais, onde pode ser observado a relação dos números correspondentes à cada elemento de referência com a cor dos fios utilizados para a conexão com a Placa de Aquisição. Como descrito anteriormente no diagrama F1, o Distribuidor/Coletor de Sinais, assim como o Dinamômetro Isocinético foram conectados à placa de aquisição.

DIAGRAMA F3 – ESQUEMA DO CONECTOR DE ENTRADA E SAÍDA DO DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO E DA PLACA DE AQUISIÇÃO



Neste esquema pode-se observar os conectores, as entradas e os canais residentes na Placa de Aquisição, de onde os sinais partirão para o computador (PC). Cada conector representa uma simbologia criada pelo autor para representar os sinais provindos do Distribuidor/Coletor de Sinais, assim como os sinais do Dinamômetro Isocinético (DI). As entradas e os canais são referências da própria Placa de Aquisição, as quais podem ser utilizadas como orientação para a saída final de todos os sinais. A ligação da Placa de Aquisição com o PC é realizada por meio de um cabo USB.

Na parte de baixo da figura estão representados a saída fêmea do próprio Dinamômetro isocinético (Conector do DI), o conector macho (cabo de saída), assim como as referências dos fios e pinos de saída do Dinamômetro Isocinético direto para a Placa de Aquisição.

ANEXOS

**ANEXO A - MODELO DE FICHA DE AVALIAÇÃO DO SETOR DE
DINAMOMETRIA ISOCINÉTICA DA CLÍNICA ESCOLA DE FISIOTERAPIA DA
PUCPR**



PUCPR

Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUC-PR

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde – CCBS

Clínica de Fisioterapia e Reabilitação

CYBEX ID: _____

DINAMOMETRIA ISOCINÉTICA

Requerido por: _____

Nome: _____

Endereço: _____

Bairro: _____ Cep: _____

Telefone: _____

Data de nascimento: __/__/__ Sexo: () Feminino () Masculino

Membro Dominante: () Direito () Esquerdo

Nível de atividade física orientada:

() Sedentário () Uma vez por semana

() Três vezes por semana () Todos os dias

Diagnóstico clínico: _____

Diagnóstico fisioterápico: _____

Articulação a ser testada: _____

Peso: _____ kg

Altura: _____ cm

Obs: _____

ANEXO B - MODELO DE LAUDO ISOCINÉTICO DE AVALIAÇÃO DE JOELHO (MÚSCULOS QUADRÍCEPS E ISQUIOTIBIAIS)

Facility Name: Clínica de Fisioterapia PUCPR Patient Name: _____ Report Type: Isokinetic Short Progress Muscle Group: CON/CON DAP/Action: 0101 Knee Extension/Flexion CON/CON		CYBEX Evaluation Patient ID: J1119 Report Date: August 8, 2006 Body Weight (Kg): 66.00	
---	--	---	--

EXTS - 60

R 8/8/06
R 8/8/06

FLXS - 60

R 8/8/06
R 8/8/06

BW (Kg) / Max GET (Nm)	Right	8/ 8/06	Right	8/ 8/06	
	66.00	/ 14.00	66.00	/ 14.00	Progress
Repetitions	3		3		3

CONCENTRIC FLEXORS					
Speed (°/Sec)	60	60	60		
Peak Torque (Nm)	115	104	-9%	%	%
Peak Torque % BW	174.2%	157.6%			
Angle of Peak Torque	24°	18°			
Total Work (BWR) (Joule)	150	130	-13%	%	%
Total Work (BWR) % BW	228.3%	198.0%			
Avg Power (BWR) (Watts)	66.9	66.1	-1.3%	%	%
Avg Power (BWR) % BW	101.4%	100.1%			
Set Total Work	419	358	-14%	%	%

CONCENTRIC EXTENSORS					
Speed (°/Sec)	60	60	60		
Peak Torque (Nm)	235	227	-3%	%	%
Peak Torque % BW	356.1%	343.9%			
Angle of Peak Torque	75°	74°			
Total Work (BWR) (Joule)	255	250	-2%	%	%
Total Work (BWR) % BW	387.6%	379.6%			
Avg Power (BWR) (Watts)	136.9	130.4	-4.8%	%	%
Avg Power (BWR) % BW	207.5%	197.5%			
Set Total Work	761	736	-3%	%	%

CONCENTRIC FLEXORS / CONCENTRIC EXTENSORS					
Peak Torque	48.9%	45.8%			
Total Work (BWR)	58.9%	52.2%			
Avg Power (BWR)	48.9%	50.7%			
Set Total Work	55.1%	48.6%			
Average ROM (104)	103°	103°			

Signed: _____	Date: _____
---------------	-------------

Version 2.04
COPYRIGHT CYBEX International, Inc. 1996

ANEXO C - PARECER DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS

Parecer Nº **0002177/08**

Protocolo CEP Nº **2586**

Título do projeto **EFEITO AGUDO DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE ALONGAMENTO POR FNP NO DESEMPENHO MUSCULAR E NA RIGIDEZ MÚSCULO-TENDÍNEA**

Grupo **III**

Versão **3**

Protocolo CONEP **0362008400008**

Pesquisador responsável **João Pedro Batista Júnior**

Instituição **Outros (na PUCPR)**

Conclusões

O CEP decide pela aprovação com as recomendações efetuadas neste parecer, para o fim de serem retirados, do Anexo A, endereço e telefone dos sujeitos de pesquisa, mantendo-os somente o pesquisador, sob sigilo, e caso os entenda imprescindíveis para o desenvolvimento dos trabalhos.

Devido ao exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa da PUCPR, de acordo com as exigências das Resoluções Nacionais 196/96 e demais relacionadas a pesquisas envolvendo seres humanos, em reunião realizada no dia: **05/11/2008**, manifesta-se por considerar o projeto **Aprovado com recomendações**.

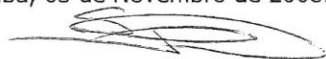
Situação Aprovado com recomendações

Lembramos aos senhores pesquisadores que, no cumprimento da Resolução 196/96, o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) deverá receber relatórios anuais sobre o andamento do estudo, bem como a qualquer tempo e a critério do pesquisador nos casos de relevância, além do envio dos relatos de eventos adversos, para conhecimento deste Comitê. Salientamos ainda, a necessidade de relatório completo ao final do estudo.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP-PUCPR de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificado e as suas justificativas.

Se a pesquisa, ou parte dela for realizada em outras instituições, cabe ao pesquisador não iniciá-la antes de receber a autorização formal para a sua realização. O documento que autoriza o início da pesquisa deve ser carimbado e assinado pelo responsável da instituição e deve ser mantido em poder do pesquisador responsável, podendo ser requerido por este CEP em qualquer tempo.

Curitiba, 05 de Novembro de 2008.



Prof. Dr. Sergio Surugi de Siqueira
Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa
PUCPR

