

**Universidade do Vale do Paraíba
Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento**

Rafael Molina Góis

**ANÁLISE DOS EFEITOS DO ALONGAMENTO MUSCULAR DE LONGA
DURAÇÃO EM ATLETAS DE TAEKWONDO**

São José dos Campos, SP
2006

Rafael Molina Góis

**ANÁLISE DOS EFEITOS DO ALONGAMENTO MUSCULAR DE LONGA
DURAÇÃO EM ATLETAS DE TAEKWONDO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia da Universidade do Vale do Paraíba, como complementação dos créditos necessários para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

**Orientador: Prof. Dr. Prof. Dr. Rodrigo
Aléxis L. Osório**

**Co-orientador: Prof. Dr. Alderico
Rodrigues de Paula Junior**

São José dos Campos, SP.

2006

G545a

Góis, Rafael Molina

Análise dos efeitos do alongamento muscular de longa duração em atletas de taekwondo / Rafael Molina Góis. São José dos Campos, 2006.

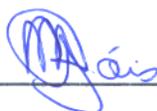
1 disco laser, color

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba, 2006.

1. alongamento 2. fisioterapia 3. isocinético 4. relaxamento viscoelástico I. Rodrigo Aléxis L. Osório, Orient., II. Alderico Rodrigues de Paula Junior, Co-orient., III. Título

CDU: 615.8

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, por processo fotocopiadores ou transmissão eletrônica, desde que citada a fonte.



Rafael Molina Góis

Data: 27/11/2006

**“ANÁLISE DOS EFEITOS DO ALONGAMENTO MUSCULAR DE LONGA DURAÇÃO EM
ATLETAS DE TAEKWONDO”**

Rafael Molina Góis

Banca Examinadora:

Prof. Dr. **ALDERICO RODRIGUES DE PAULA JUNIOR** (UNIVAP) _____

Prof. Dr. **RODRIGO A. LAZO OSÓRIO** (UNIVAP) _____

Prof. Dr. **JOÃO MARCOS DOMINGUES DIAS** (UFMG) _____

Prof. Dr. Marcos Tadeu Tavares Pacheco

Diretor do IP&D – UniVap

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho em especial à minha família pela confiança, carinho e todo incentivo dado para mais esta conquista.

&

À Fisioterapia, profissão pela qual, a cada dia, fico mais apaixonado e que tanto necessita de nosso empenho na busca de seu desenvolvimento e maior embasamento científico para seus procedimentos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Deus, por mais uma conquista

Ao meu pai, Jesus da Costa Góis, a pessoa mais inteligente que conheço. Se título fosse dado por inteligência e não por oportunidade, ele seria o mais graduado de todos.

À minha mãe, Maria Cristina Molina Góis, por sua perseverança, mostrando que sempre é possível.

Aos meus irmãos, Diogo e Raquel, pela compreensão e paciência em entender que a hora deles está chegando.

À minha avó pela paciência e carinho demonstrado todos estes anos.

Aos meus tios, José Luzia Molina e José Mauro Molina, juntamente, com suas respectivas famílias, por não cansarem de me apoiar e serem exemplos de dignidade e sucesso profissional.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rodrigo Aléxis Lazo Osório, por sempre acreditar no meu estudo e na minha capacidade de adquirir novos conhecimentos.

Ao meu Co-Orientador Prof. Dr. Alderico Rodrigues de Paula Junior, por toda a ajuda dada no processamento dos sinais.

À Taís, Emmelin e Silvia pela ajuda, mesmo sem obrigação nenhuma, com a Eletromiografia e Dinamometria isocinética, sem elas este trabalho não teria sido concluído.

Aos atletas voluntários do estudo e, em especial, à Susane, por toda sua dedicação, empenho e desejo em fazer com que, os conhecimentos adquiridos, sejam convertidos em evolução para o Taekwondo e à fisioterapia.

À UNIVAP, em especial à Faculdade de Ciências da Saúde, por ter me cedido o laboratório de biodinâmica para a realização do meu estudo.

Muito obrigado à Rubia, que sempre fez muito mais do que seu papel de bibliotecária, com carinho e dedicação nos ajudando na busca de trabalhos e na editoração da dissertação.

Dona Ivone sempre ao lado da turma nos momentos que lutávamos pela melhora do curso.

Aos colegas do programa de mestrado pela troca de conhecimentos e companheirismo.

Ao eterno professor, amigo e colega, Leonardo Fernandes Machado, por ter me ensinado quase tudo que sei sobre fisioterapia e me convencer a fazer este curso.

À professora, Jennifer Granja Peixoto, da UFJF, a qual sempre será um exemplo profissional, por me iniciar na pesquisa e sempre acreditar mais do que eu mesmo no meu potencial.

Aos meus pacientes por entenderem minha ausência, peço sinceras desculpas.

Ao pessoal da Clínica Ponto de Equilíbrio e da Fisiomaster, que fizeram parte do início de minha carreira, colegas que me ensinaram muito nessa fase de transição, e me apoiaram sempre que precisei faltar no trabalho para estar presente no mestrado. Flaviana, muito obrigado, por sempre me substituir com grande competência nestes momentos.

Aos meus colegas do núcleo de reabilitação por terem me recebido tão bem, pelo apoio, e, principalmente, pelo carinho e a ajuda a superar a saudade de casa e de meus amigos. Tenham certeza de que aprendi e ainda tenho muito que crescer com vocês. Tomara que entendam que não tem como colocar o nome de todos aqui, mas muito obrigado mesmo, vocês são muito mais que colegas de trabalho, são grandes amigos.

À Gladis e à Elaine, por sempre me darem suporte para que eu pudesse continuar estudando e lutando para contribuir com a evolução da fisioterapia.

Enfim, obrigado a todos que, de alguma maneira, fizeram parte deste trabalho e me ajudaram a tornar este sonho uma realidade.

**“Se quer viver uma vida feliz,
amarre-se a uma meta, não às
pessoas nem às coisas”.**

(Albert Einstein)

ANÁLISE DOS EFEITOS DO ALONGAMENTO MUSCULAR DE LONGA DURAÇÃO EM ATLETAS DE TAEKWONDO

RESUMO

Flexibilidade muscular é a capacidade de um músculo alongar-se, permitindo que uma ou uma série de articulações se movam dentro de uma amplitude máxima de movimento disponível. Um dos principais meios de se melhorar a flexibilidade, é através do alongamento muscular. O objetivo do estudo foi analisar os efeitos do alongamento dos isquiotibiais durante oito minutos em atletas de taekwondo. Utilizamos o dinamômetro isocinético para quantificar o relaxamento viscoelástico e avaliar a força muscular. A ADM de extensão do joelho foi avaliada através de um goniômetro manual. A amostra foi composta de sete homens e três mulheres, com idade de $19 \pm 4,61$ anos e massa corpórea $65,25 \pm 12,03$ kg. Um dia antes e, logo após o alongamento, foi medida a contração isométrica voluntária máxima (CIVM). O equipamento estendeu, passivamente, o joelho do membro dominante (MD) numa velocidade de $5^\circ/s$, até a posição em que ele referisse desconforto. Neste ponto, obtivemos o primeiro valor do pico torque passivo (PTP), então o membro era mantido nesta posição por oito minutos, sendo, posteriormente, retornado a posição inicial e, novamente, estendido até a posição anterior para obtermos o segundo valor do PTP. O procedimento foi repetido no outro membro, mas o alongamento era mantido por 30s. Houve um ganho significativo de ADM no alongamento de longa duração (ALD) ($10,6^\circ$ $p < 0,05$) e este ganho foi mais significativo que os $5,2^\circ$ do de 30s ($p < 0,05$). A diminuição do segundo valor do PTP, em relação ao primeiro, foi maior no MD do que no membro não dominante (ND). A análise do comportamento do torque durante o ALD demonstrou que o relaxamento ocorre, a partir de um minuto e 15s na posição e que, após dois minutos e meio, não ocorre mais de maneira significativa ($p < 0,05$). A queda de 15,43% da CIVM no MD e de 10,66% no alongamento de 30s não foi estatisticamente significativa, também, não foi possível demonstrar que o ALD gera uma perda de força maior que o alongamento de 30s ($p = 0,6501$).

Palavras-chave: alongamento; fisioterapia; isocinético; relaxamento viscoelástico

ANALYSIS OF EFFECTS OF LONG DURATION MUSCULAR STRETCHING ON TAEKWONDO ATHLETES

ABSTRACT

Muscular flexibility is the capacity of a muscle to elongate, allowing one or a series of articulations to move within maximum range of motion (ROM) available. One of the main means of improving flexibility is through muscular elongation. The objective of this study was to analyze the effects of passive stretch of the hamstrings during eight minutes in athletes who practice taekwondo. We utilized the isokinetic dynamometer to quantify the viscoelastic relaxation to evaluate muscular force. The ROM to extend the knee was evaluated using a manual goniometer. The sample was composed of seven men and three women, from 19 ± 4.61 years of age and 65.25 ± 12.3 kg of body mass. One day before and after the stretching, the maximum voluntary isometric contraction was measured (MVIC). The equipment passively extended the knee of the dominant member (DM) at a speed of $5^\circ/s$ until reaching the position in which it caused discomfort. At this point, we obtained the first value of passive peak torque (PPT). The member was then maintained in this position for eight minutes, returning to the initial position and, again, extended to the previous position to obtain the second PPT value. The procedure was repeated on the other member but the elongation was maintained for 30s. There was a significant gain of ROM in the long-duration stretching (LDS) (10.6° $p < 0.05$) and this gain was more significant than the 5.2° of the 30s ($p < 0.05$). The reduction of the second PT in relation to the first was greater in the DM than in the ND. The analysis of the behavior of the torque during the stretching demonstrated that the relaxation occurs after one minute and fifteen seconds in the position and that after two and one half minutes it no longer occurs in a significant manner ($p < 0.05$). The drop of 15.43% of MVIC in the DM and of 10.66% in the 30s stretching was not statistically significant. It was not possible to demonstrate that the LDS generated a loss of force greater than the 30s stretching ($p = 0.6501$).

Keywords: stretching; physiotherapy; isokinetic; viscoelastic relaxation

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Esquema demonstrando o posicionamento do indivíduo no dinamômetro isocinético associado ao eletromiografo (Arantes, 2003)..... 31
- Figura 2 – Equipamento de dinamometria isocinética utilizado. A foto foi tirada sem o atleta para melhor visualização da cunha que aumenta a flexão de coxo-femural 37
- Figura 3 - Procedimento de coleta da contração isométrica voluntária máxima 38
- Figura 4 - Exemplo de uma das coletas do alongamento de 8 minutos (480.000ms) (eixo x tempo em milisegundos e eixo y Torque em Nm) 40
- Figura 5 - Comportamento do torque em Nm durante os oito minutos de alongamento de isquiotibiais. O período de alongamento está dividido em 32 janelas de 15 segundos..... 43
- Figura 6 - Comportamento do torque em Nm durante os 30 segundos de alongamento dos isquiotibiais. O período de alongamento está dividido em 2 janelas de 15 segundos..... 43
- Figura 7 - Valores percentuais da queda do torque em relação ao PTP1 durante o ALD. O período de alongamento foi dividido em 32 janelas de 15s..... 44
- Figura 8- Valores percentuais da queda do torque em relação ao PTP1 durante o alongamento de 30s. O período de alongamento foi dividido em 2 janelas de 15s..... 44
- Figura 9 - A figura demonstra o tempo necessário para que haja uma queda significativa do torque após o início do alongamento, e a partir de então, a quantidade de janelas de 15 segundos necessárias para continuar tendo queda significativa do torque..... 45

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Valores da ADM em graus verificado antes e depois do alongamento no membro dominante (8min) e no não dominante (30s), ganho representa em graus a melhora obtida. 41
- Tabela 2 - Valores do pico torque passivo 1, pico torque passivo 2 em Nm e variação percentual (?) ocorrida após o alongamento no membro dominante (D) e no não dominante (ND). 42
- Tabela 3 - Valores de pico torque antes e depois dos alongamentos e a variação percentual ocorrida após a manobra..... 46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADM	- Amplitude de movimento
ALD	- Alongamento de longa duração
CEP	- Comitê de Ética e Pesquisa
D	- Membro dominante
DC	- Depois de Cristo
EMG	- Eletromiografia
FNP	- Facilitação neuromuscular proprioceptiva
Hz	- Hertz
IEMG	- Atividade eletromiografica reflexa
IQT	- Isquiotibiais
J	- Joule
JD	- Janela de tempo no membro dominante
JND	- Janela de tempo no membro não dominante
Kg	- Kilograma
m	- Metro
ms	- Milisegundos
MD	- Membro dominante
MND	- Membro não dominante
N	- Newton
Nm	- Newton metro
ND	- não dominante
PTP	- Pico torque passivo
PT	- Pico torque
PTD	- Pico torque no membro dominante
PTND	- Pico torque no membro não dominante
s	- Segundo
SI	- Sistema internacional
w	- Watt

SUMÁRIO

SUMÁRIO

1	<i>INTRODUÇÃO</i>	16
1.1	- Tecido Muscular	17
1.1.1	- Classificação das contrações musculares	19
1.2	- Tecido conjuntivo	20
1.3	- Revisão das grandezas físicas relacionadas ao estudo	21
1.3.1	- Força	21
1.3.2	- Trabalho	21
1.3.3	- Energia	21
1.3.4	- Potência	22
1.3.5	- Torque	22
1.3.6	- Tensão	22
1.3.7	- Deformação	22
1.4	- Propriedades mecânicas e dinâmicas dos tecidos moles	22
1.4.1	- Elasticidade	23
1.4.2	- Tensão	23
1.4.3	- Rigidez	23
1.4.4	- Plasticidade	24
1.4.5	- Viscosidade	24
1.4.6	- Viscoelasticidade	25
1.4.7	- Histerese	25
1.4.8	- Resposta estresse-relaxamento ou relaxamento viscoelástico.....	25
1.5	- Flexibilidade	26
1.5.1	- Relação entre flexibilidade e índice de lesão	28
1.5.2	- Relação alongamento-desempenho muscular	28
1.6	- Dinamômetro isocinético	30
1.7	- Taekwondo	31
2	<i>OBJETIVOS DO ESTUDO</i>	33
3	<i>JUSTIFICATIVA</i>	34
4	<i>METODOLOGIA</i>	35

4.1	- Amostra.....	35
4.2	- Critérios de Inclusão e Exclusão	35
4.3	- Termo de Consentimento	35
4.4	- Procedimentos	36
4.4.1	Protocolo de avaliação física	36
4.4.2	- Protocolo de alongamento.....	36
4.4.3	- Protocolo de avaliação da força muscular	38
4.5	- Processamento dos sinais	39
4.6	- Análise estatística.....	39
5	<i>RESULTADOS</i>	40
6	<i>DISCUSSÃO</i>.....	47
7	<i>CONCLUSÃO</i>.....	54
	<i>REFERÊNCIAS</i>	55
	<i>ANEXO A – FICHA DE AVALIAÇÃO FÍSICA</i>	60
	<i>ANEXO B - FICHA DE PERCEÇÃO DA INTENSIDADE DO ALONGAMENTO</i>.....	62
	<i>ANEXO C - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</i>	63
	<i>ANEXO D - CARTA DE APROVAÇÃO PELO CEP</i>.....	66

1 INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade, o alongamento e técnicas para ganho de flexibilidade têm sido utilizados. Não se sabe, exatamente, quando o treino de flexibilidade começou a fazer parte como método de treinamento. Imagina-se ter tido início com os gregos que utilizavam o alongamento como método medicinal, como treinamento militar e esportivo. Também existem relatos escritos desde o século II D.C. do uso de posturas de alongamento entre os orientais. Atualmente, este tema tem sido abordado por fisioterapeutas, professores de educação física, treinadores, atletas competitivos e recreacionais (ALTER, 1996).

O declínio na flexibilidade pode ser devido a diversos fatores, tais como: a idade, trauma por estresse mecânico, desuso e doenças como, por exemplo, a artrite. Mesmo na ausência de doença ou lesão, a hipocinesia ou o desuso poderá levar a um encurtamento muscular e mudanças no tecido conectivo que envolve o mesmo e que poderão ser os principais fatores de redução da amplitude de movimento (ADM) (ALTER, 1996).

Apesar do uso constante de várias técnicas de alongamento no meio esportivo e da reabilitação, existe pouco conhecimento a respeito do mecanismo e eficácia de alongar os músculos no ser humano (MAGNUSSON et al., 1996).

Vários tipos de exercícios de alongamento são utilizados para aumentar a flexibilidade, tais como: alongamento estático, balístico, passivo, técnicas de facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP), alongamentos de longa duração (ALD), dentre outros (ADLER, 1999, ALTER, 1996). As técnicas FNP produzem um ganho de ADM satisfatório, porém produzem um aumento na atividade de eletromiografia (EMG) do músculo (FERBER; OSTERNIG; GRAVELLE, 2002).

A necessidade do conhecimento sobre as diversas variáveis inclusas dentro de um programa de aumento da flexibilidade reflete em grande parte a abordagem dada a pacientes, atletas e demais indivíduos que se utilizam destas técnicas, sejam elas com fins terapêuticos, preventivos ou melhora do bem estar físico.

Há uma escassez de relatos específicos na literatura sobre a resposta de um indivíduo ao alongamento de longa duração. Mesmo assim, cada vez mais cresce o

número de fisioterapeutas que utilizam desta técnica com o objetivo de ganho de flexibilidade e correções de determinadas alterações posturais.

Neste estudo será utilizado o alongamento passivo, onde o indivíduo não contribui para gerar a força de alongamento, ou seja, o movimento é realizado por um agente externo (dinamômetro), que controlará a velocidade, intensidade e tempo da técnica.

A escolha dos músculos isquiotibiais (IQT), constituídos pelo semimembranoso, semitendinoso e bíceps femoral, deve-se ao fato, dentre muitos outros, a relação dos mesmos com a curvatura lombar, e, também, pela necessidade de boa flexibilidade deste músculo que os atletas de taekwondo possuem para execução do chute. Além disso, existem alguns estudos de interesse sobre flexibilidade que utilizaram estes músculos, então a escolha destes é importante para compararmos os resultados obtidos nestes estudos.

Em virtude da limitação de estudos sobre o tempo ideal para se potencializar a técnica de alongamento, torna-se necessária uma investigação completa sobre esta variável.

A prática das técnicas de alongamento para aumentar a flexibilidade, pode ser introduzida, então, nos hábitos de vida diária de indivíduos sãos ou patologicamente acometidos, promovendo a melhora do bem estar físico e geral.

Indivíduos apresentando retrações musculares e atletas que necessitam de alto grau de flexibilidade irão beneficiar-se deste estudo, pois esperamos obter esclarecimentos quanto a melhor forma de abordá-los em nossa prática diária, capacitando todos os profissionais envolvidos neste processo a tomar vantagens dos conhecimentos a serem adquiridos, tornando o tratamento e sua aplicação mais eficazes.

1.1 Tecido Muscular

Existem diversas formas, tamanhos e tipos de músculos. A porção central de um músculo chama-se ventre, ao se decompor um ventre muscular verificamos a presença de vários fascículos que são constituídos de aproximadamente 100 a 150

fibras musculares, sendo que, cada fibra, representa uma célula muscular (ALTER, 1999). A célula muscular esquelética apresenta características semelhantes às de outras células do organismo, porém apresenta alto grau de especialização, possui uma membrana celular (sarcolema) que tem como funções manter a integridade do meio intracelular, a permeabilidade seletiva para eletrólitos e substâncias orgânicas e contribuir para que o efeito estimulante de um impulso nervoso não se propague de uma fibra muscular às suas vizinhas. O citoplasma (sarcoplasma) preenche todos os espaços intersticiais entre as miofibrilas, e nele encontram-se substâncias dispersas, tais como: mioglobina, grânulos de gordura e de glicogênio, compostos fosforados, íons, enzimas e organelas (retículo sarcoplasmático, mitocôndrias e núcleo). (ALTER, 1999; DE DEYNE, 2001; WHITING, 2001)

Cada fibra muscular é composta de várias miofibrilas, sendo que, cada uma destas, são agrupadas em série que representam a unidade contrátil do músculo: o sarcômero. Estes são separados pelas linhas Z. Cada miofibrila é composta de pequenas estruturas chamadas filamentos que são os filamentos finos compostos de três proteínas: actina, troponina e tropomiosina, e os filamentos grossos constituídos pela proteína miosina. Durante o processo de contração muscular ocorre um deslizamento entre os filamentos de actina e miosina graças à quebra de uma molécula de ATP. (ALTER, 1999; DE DEYNE, 2001; WHITING, 2001)

Os filamentos de actina e miosina são complementares, a mensuração da tensão no sarcômero está, diretamente, relacionada com o número de pontes cruzadas existentes (FORCINITO; SALE; MACDOUGALL, 1998).

Outro filamento existente no sarcômero é a titina que é responsável pela união da miosina à linha Z (ALTER, 1999; DE DEYNE, 2001; WHITING, 2001), sendo, particularmente, de grande interesse neste estudo devido a sua importância nos efeitos produzidos pelo alongamento muscular.

A elasticidade muscular deriva, diretamente, da extensibilidade da molécula de titina e a força gerada por ela esta, diretamente, relacionada com sua tensão torsional (TSKVREBOVA; TRINICK, 2001).

Os responsáveis pelo aumento de tensão nos componentes contráteis do músculo, em situações de manobras isométricas, de estiramento passivo e ativo,

estão arranjados em paralelo com o mesmo sendo que a titina seria o principal elemento (HERZOG; SCHACHAR; LEONARD, 2003). Mesmo estando bem claro na literatura vigente que as adaptações ao alongamento seriam devido a componentes elásticos em paralelo, estruturas em série como o tendão, também seriam responsáveis por estas alterações. (KUBO et al., 2001; KUBO; KANEHISA; FUKUNAGA, 2001; KUBO; KANEHISA; FUKUNAGA, 2002).

1.1.1 Classificação das contrações musculares

A palavra isotônica é derivada do grego *isos*, igual, e *tônus*, tensão. Em atividades isotônicas, o movimento ocorre com resistência de um peso constante, porém a tensão é variável ao deslocar uma carga constante, já que a tensão desenvolvida através da amplitude de movimento se relaciona com, o comprimento da fibra muscular, o ângulo de tração do músculo sobre o esqueleto ósseo e a velocidade do encurtamento (ALTER, 1996; SMITH, 1997).

Durante uma atividade concêntrica, o músculo agonista se encurta durante sua contração. O exercício pode ser tanto no modo isotônico quanto isocinético. Durante a atividade excêntrica, o músculo agonista se alonga durante sua contração, para que isso ocorra, a resistência oferecida ao movimento deve ser maior do que a que o músculo produz, da mesma maneira pode ser tanto no modo isotônico, quanto isocinético. Já no modo isométrico, não há movimento durante a contração muscular, portanto, a angulação da articulação é pré-determinada (ALTER, 1996; SMITH, 1997).

A contração isocinética (do grego *isos*, igual; *kinetos*, movendo-se) ocorre quando a velocidade de movimento é constante, porém a tensão desenvolvida pelo músculo, durante o movimento com velocidade constante, é máxima em toda a amplitude de movimento. Dessa forma, uma ativação muscular máxima é possível em todos os pontos da amplitude de movimento, constituindo um avanço em relação às medidas de performance muscular feitas por meio de ações musculares isotônicas e isométricas (ALTER, 1996; SMITH, 1997; ARANTES, 2003).

1.2 Tecido conjuntivo

O tecido conjuntivo é composto de várias células especializadas, sendo que, cada uma delas, possui funções específicas como, por exemplo: defesa, proteção, armazenamento, transporte, ligação, conexão, suporte e reparo, sendo de grande importância para este estudo sua função de secretar duas proteínas: o colágeno e a elastina. (ALTER, 1999; WHITING, 2001)

Como todas as proteínas, estas duas se renovam, mas a elastina, proteína de longa duração, é uma formação estável, enquanto o colágeno, proteína de curta duração, modifica-se por toda a sua vida (BIENFAIT, 2000).

Outro elemento de extrema importância é o líquido lacunar ou substância de base. Ele ocupa todos os espaços que são deixados livres entre as células conjuntivas, os feixes colagenosos e a rede de elastina. Esse elemento viscoso, como gel, é composto de glicosaminoglicanos, plasma, proteínas e água. Estes elementos estão diminuídos em situações de desuso e imobilização, fazendo com que as proteínas de colágeno se aproximem e formem pontes cruzadas. Já indivíduos que praticam atividade física e se alongam possuem uma maior quantidade deste dissacarídeo, tornando seus tecidos mais hidratados e com menor número de pontes cruzadas de colágeno (ALTER, 1999; BIENFAIT, 2000; WHITING, 2001).

Atividades que provocam tensão, como o alongamento, também, causam um aumento na atividade celular, aumento na síntese de DNA e proliferação fibroblástica (ZEICHEN; GRIENSVEN; BOSCH, 2000; DE DEYNE, 2001).

O tecido conjuntivo está ligado ao tecido muscular em todos os níveis. Cada fibra muscular é envolvida pelo endomísio, já o perimísio envolve um conjunto de fibras musculares ou fascículo, e mais, externamente, o epimísio que circunda todo o músculo. Estes tecidos, juntamente, são denominados fásia (BIENFAIT, 2000).

1.3 Revisão das grandezas físicas relacionadas ao estudo

1.3.1 Força

Uma maneira simples de conceituar força é pensar em um empurrão (compressão) ou uma tração (tensão). De acordo com a segunda lei de Newton, força é algo que tem a habilidade de acelerar um objeto. Portanto, uma força é algo que pode causar o início de um movimento, parar, tornar mais rápido, mais lento ou mudar de direção. A unidade sistema internacional (SI) de medida de força é o Newton (N). Um Newton de força é definido como a força requerida para acelerar um metro (m) por segundo (s) a cada segundo uma massa de 1 Kilograma (Kg). (SMITH, 1997; MCGINNS, 2002).

1.3.2 Trabalho

Trabalho é o produto da força e do deslocamento na direção daquela força. É o meio pelo qual a energia é transferida de um objeto ou sistema a outro. É expressa pela unidade de força vezes a de comprimento, no SI a unidade é o Joule (J), 1J é igual a 1Nm (MCGINNS, 2002).

1.3.3 Energia

Energia é definida como a capacidade de executar um trabalho. Há muitas formas de energia: calor, luz, som, química, etc. Na mecânica nos ocupamos, principalmente, com a energia mecânica que vem em duas formas: a energia cinética e a energia potencial. A energia cinética é causada pelo movimento enquanto que a energia potencial é a causada pela posição. A energia potencial pode ser a energia potencial gravitacional, que é a energia causada pela posição de um objeto em relação à terra, e a energia potencial elástica que é originada na deformação de um objeto, e está relacionada à rigidez do objeto, suas propriedades materiais e sua deformação (MCGINNS, 2002).

1.3.4 Potência

Na mecânica, potência é a taxa de trabalho executado ou quanto trabalho é feito em uma quantidade específica de tempo. A Potência pode ser pensada como quão rapidamente ou lentamente o trabalho é executado. A unidade do SI é watt (w), sendo que 1w é igual a 1J/s (MCGINNS, 2002).

1.3.5 Torque

Torque, ou momento de força, é o produto da força vezes a distância perpendicular desde a sua linha de ação até o eixo do movimento. O torque é a expressão da eficácia de uma força para virar um sistema de alavanca. Sua unidade no SI é Nm (SMITH, 1997; MCGINNS, 2002).

1.3.6 Tensão

A tensão mecânica é a força interna dividida pela área de secção transversal da superfície nas quais as forças internas agem. São três os tipos de tensões: tração, compressão e cisalhamento (MCGINNS, 2002).

1.3.7 Deformação

A deformação é a quantificação da mudança nas dimensões do material (MCGINNS, 2002).

1.4 Propriedades mecânicas e dinâmicas dos tecidos moles

O músculo e o tecido conjuntivo, mesmo fazendo parte de um ser vivo, no caso deste estudo, o ser humano, no qual está submetido, constantemente, além de estresse físico como também não-físico (por exemplo: dor, prazer, ansiedade...), apresentam propriedades comuns a outros materiais não-biológicos. (ALTER, 1999)

Para o clínico muitas vezes basta a opinião e a satisfação do paciente submetido a determinado procedimento, mas no meio científico torna-se necessário usar parâmetros físicos para mensurar os resultados alcançados. Infelizmente, na maioria das vezes, ele desconhece tal terminologia, mesmo sendo um ótimo profissional.

A seguir serão expostas, sucintamente, as principais terminologias empregadas pelos pesquisadores que, atualmente estudam flexibilidade muscular.

1.4.1 Elasticidade

Elasticidade é a propriedade que faz com que um tecido retorne a sua forma ou tamanho original quando uma força é removida (ALTER, 1999).

1.4.2 Tensão

Tensão é a mudança de comprimento ou quantidade de deformação que ocorre como resultado de uma força aplicada. A tensão é definida como a taxa de comprimento depois que um estresse é aplicado ao comprimento original. (ALTER, 1999)

Dois tipos de tensões são produzidas no músculo: uma como resultado das pontes de miosina sobre actina, que é chamada de tensão ativa, e outra como resultante de estruturas do tecido conjuntivo: o sarcolema, o endomísio, o perimísio, o epimísio e o tendão, denominada tensão passiva (ALTER, 1999; MCGINNS, 2002).

1.4.3 Rigidez

Rigidez é definida como a taxa de estresse para estender ou de força para deformação. A rigidez não só varia entre os tecidos, sendo que ela, também, muda com outros fatores, tais como: idade, imobilização e repetição de estresse (ALTER, 1999).

1.4.4 Plasticidade

Plasticidade é a propriedade de um material para deformar-se permanentemente, quando é sobrecarregado, além de sua amplitude elástica. Conseqüentemente, não há tendência para recuo elástico ou recuperação (ALTER, 1999; DE DEYNE, 2001).

Um material pode ter um comportamento elástico sob determinada carga, mas quando esta tensão ultrapassa determinado valor (ou tempo de aplicação), sendo que, tal comportamento torna-se plástico e este ponto de transição chama-se limite elástico. (ALTER, 1999; DE DEYNE, 2001; MCGINNS, 2002)

Em reabilitação, na maioria das vezes, buscam-se efeitos plásticos nos procedimentos em particular no alongamento muscular. Porém, alongamento com duração de 45s não produz este efeito, já que Magnusson (2000) ao avaliar os efeitos de três manobras de alongamento dos isquiotibiais de 45s com intervalo de 30s entre cada uma, mesmo havendo uma diminuição da resistência durante a manobra (relaxamento viscoelástico), esta resistência foi semelhante entre a primeira e a terceira manobra.

1.4.5 Viscosidade

Viscosidade é a propriedade dos materiais para resistir a cargas que produzem cisalhamento e fluxo. Ao contrário da elasticidade e da plasticidade, ela é, na verdade, dependente do tempo, quanto mais rápida é a tentativa de se mover em um líquido, maior é a pressão oferecida ao movimento. A viscosidade, também, é diminuída pelo aquecimento, aumentando desta maneira a extensibilidade, este fato é, particularmente, importante para demonstrar a necessidade do aquecimento físico de atletas antes das competições (ALTER, 1999).

1.4.6 Viscoelasticidade

Muitos materiais biológicos não são perfeitamente elásticos ou perfeitamente plásticos. Eles apresentam uma combinação de propriedades, referidas como comportamento viscoelástico. Quando submetidos a baixas cargas, eles apresentam comportamento elástico. Em cargas mais altas, eles apresentam resposta plástica. Além disso, quando as cargas são aplicadas durante um tempo, o tecido exibe deformação viscosa (ALTER, 1999; DE DEYNE, 2001).

1.4.7 Histerese

Histerese é um fenômeno associado à perda de energia exibida por materiais viscoelásticos, quando são submetidos a ciclos de carga e descarga. Quando um tecido elástico é carregado e descarregado, a curva estresse-tensão é idêntica durante as fases de carregamento e descarregamento. Em comparação, com o material viscoelástico, as curvas para as duas fases não são idênticas. Se o carregamento cessa antes da deficiência do tecido e um teste de descarregamento é realizado, a curva descendente para a diminuição do estresse não irá coincidir, precisamente, com a curva ascendente, apesar da ausência de deformação permanente no final. A área entre as curvas de carregamento e descarregamento representa perda de energia convertida em calor (ALTER, 1999).

Programas de treinamento com alongamento muscular diminuem a histerese em estruturas tendíneas. Portanto, o treino de flexibilidade melhora a performance muscular, devido ao ganho da eficiência energética, já que durante o retorno de uma posição alongada o atleta perderia menos energia na forma de calor (KUBO et al., 2001; KUBO; KANEHISA; FUKUNAGA, 2001; KUBO; KANEHISA; FUKUNAGA, 2002).

1.4.8 Resposta estresse-relaxamento ou relaxamento viscoelástico

Quando um tecido é distendido (ou comprimido) até um determinado comprimento e, a seguir, mantido nesse comprimento, desenvolve uma resistência

inicial, ou estresse. Enquanto está sendo mantido com a deformação constante, o estresse diminui, ou “se relaxa” (WHITING, 2001).

A atividade de alongamento muscular produz um relaxamento viscoelástico do tecido (MCHUGH et al., 1992; DE DEYNE, 2001; MAGNUSSON; AAGAARD; NIELSON, 2000) e esse relaxamento independe da diminuição da atividade EMG (MCHUGH et al., 1992).

1.5 Flexibilidade

A palavra flexibilidade significa diferentes coisas para pessoas diferentes, sendo que ela é derivada do latim *flexere* ou *flexibilis*, “curvar-se” (ALTER, 1996). Flexibilidade muscular é a capacidade de um músculo alongar-se, permitindo que uma articulação, ou uma série de articulações se mova dentro de uma amplitude máxima de movimento disponível (BANDY et al., 1998).

A flexibilidade pode, também, ser influenciada por outras estruturas, além dos músculos, como tendões, nervos, ligamentos, cápsula, fáscias e ossos. Os músculos não são os principais culpados pela falta de flexibilidade, sendo que, o tecido conjuntivo que está em volta da musculatura é que representa o fator limitante principal de flexibilidade na maioria dos indivíduos saudáveis (ALTER, 1996).

Nem sempre flexibilidade e saúde podem ser diretamente, relacionadas, muitas pessoas possuem lassidão articular, que se não tomarem os devidos cuidados poderão sofrer lesões com esses movimentos excessivos. Existem, também, casos extremos como a Síndrome de Ehlers-Danlos, que é uma alteração congênita e hereditária do colágeno, nesse caso, o indivíduo consegue realizar movimentos extremos (ALTER, 1999).

Tem-se sugerido que o aumento na flexibilidade, através de programas de alongamento pode diminuir a incidência de lesões musculotendinosas, minimizarem e aliviar a dor muscular, melhorar a performance esportiva, e a realização de AVD. (ANDERSON; BURKE, 1991).

Alongamento refere-se a uma deformação linear, em que se aumenta o comprimento de qualquer material ou tecido. O tecido muscular e seus envoltórios

apresentam propriedades viscoelásticas, ou seja, através das propriedades viscosas consegue-se uma deformação plástica ou permanente, enquanto que pelas propriedades elásticas uma deformação temporária. Quando o músculo é alongado, a proporção relativa de deformação plástica e elástica pode variar, inversamente, dependendo da forma e condições como foi aplicado o alongamento. Os principais fatores envolvidos são a quantidade e duração da força aplicada. Quando o estresse do alongamento é retirado, a deformação elástica retorna, porém a deformação plástica permanece. O alongamento em termos biomecânicos tem sido caracterizado quando a unidade músculo-tendão responde viscoelasticamente às manobras de estiramento (TAYLOR et al., 1990).

A eficácia do alongamento tem sido atribuída a fatores neurofisiológicos e mecânicos. Os princípios neurofisiológicos de algumas técnicas de alongamento baseiam-se na inibição neural do músculo que está sendo alongado; uma diminuição na atividade reflexa resulta em resistência diminuída ao alongamento, que resulta em ganhos na amplitude de movimento (FOWLES; SALE; MACDOUGALL, 2000; DE DEYNE, 2005; CORNWELL; NELSON; SIDAWAY, 2002; SHRIER; GOSSAL, 2004; CRAMER et al., 2005; KNUDSON; NOFFAL, 2005; WEIR; TINGLEY; ELDER, 2005).

Estes mecanismos neurofisiológicos são devido ao fato de que, o alongamento passivo tem um efeito sobre as vias que conectam o músculo ao sistema nervoso central. A aplicação do alongamento muscular pode alterar a condução nervosa aferente (Ia e II) e a via eferente, oriundas dos órgãos neurotendinosos de Golgi (ALTER, 1999; DE DEYNE, 2001; WHITING, 2001).

Durante uma contração excêntrica, o trabalho mecânico é absorvido pelos componentes em série do músculo como energia potencial, que é usada por uma contração concêntrica imediata (pliométrica). Esta situação comumente ocorre durante a marcha. Dois fatores irão determinar a quantidade de energia absorvida: velocidade da contração excêntrica e o comprimento muscular. Logo, se o comprimento do músculo estiver aumentado, mais forças poderão ser absorvidas durante a contração excêntrica e mais força poderá ser gerada durante a contração concêntrica. Teoricamente, então, a performance muscular estará aumentada, devido a uma maior energia potencial disponível (WORRELL et al., 1994).

Além dos mecanismos mecânicos de adaptação ao alongamento, existe uma maior expressão do IGF-1 RNAm quando um tecido é submetido à longos períodos de estresse tensional. A expressão deste gene está correlacionada não somente com hipertrofia, mas, também, com fenômenos de adaptação muscular resultante do alongamento, fazendo com que as proteínas produzidas sejam arranjadas de tal modo que o tecido se torne mais flexível (YANG et al., 1997).

1.5.1 Relação entre flexibilidade e índice de lesão

É, geralmente, sugerido que a relação entre um risco de lesão reduzida e a flexibilidade aumentada reside nas propriedades do músculo, ou seja, quanto mais flexível for o indivíduo menor será a retração na unidade musculotendinosa, que ficará menos propensa então a lesões. Logo uma proposta do alongamento é alterar as características biomecânicas do músculo e aumentar a amplitude de movimento articular (MAGNUSSON et al., 1998).

Rotineiramente, escuta-se a orientação para a realização de alongamento muscular antes de atividades físicas com o intuito de prevenir lesões.

Porém, estudos recentes estão mudando este ponto de vista. Atualmente, se aceita que um programa contínuo de alongamentos diminui a tensão muscular e desta maneira diminui o índice de lesões (MCHUGH et al, 1999; HARTING; HENDERSON, 1999; WITVROUW et al., 2003), mesmo tendo estudos que rejeitem esta hipótese (POPE et al., 2000), mas alongar antes da atividade não produz este efeito (THACKER et al., 2004; WITVROUW et al., 2004). Porém, mais estudos precisam ser realizados a este respeito devido à impossibilidade de se chegar a uma conclusão definitiva, por causa da heterogeneidade e das deficiências metodológicas dos estudos já realizados sobre este assunto (WELDON; HILL, 2003).

1.5.2 Relação alongamento-desempenho muscular

Cada vez mais a busca por resultados no meio esportivo vem aumentando, sendo que, para isso, os treinadores têm buscado novas técnicas de treinamento que ajudem a melhorar o desempenho dos atletas, além da busca por novas

técnicas, a profissionalização dos atletas acaba por pressionar os profissionais a buscar embasamento científico para seus procedimentos. Além, do meio esportivo os profissionais de reabilitação, na busca por resultados mais satisfatórios para seus pacientes, também, precisam deste embasamento científico e de melhores resultados.

Durante a fase de aquecimento costuma-se inserir técnicas de alongamento muscular. Porém, estudos recentes vêm questionando tal conduta, demonstrando que as técnicas de alongamento quando realizado antes de alguma atividade diminui a performance (FOWLES; SALE; MACDOUGALL, 2000; CORNWELL; NELSON; SIDAWAY, 2002; SHRIER; GOSSAL, 2004; CRAMER et al., 2005; KNUDSON; NOFFAL, 2005; WEIR; TINGLEY; ELDER, 2005). Os mecanismos envolvidos neste fato seriam de ordem mecânica e da atividade reflexa muscular.

Porém, programas que envolvem alongamentos durante um período de tempo tem efeito contrário em relação à performance muscular, portanto, melhoram a força muscular (KUBO; KANEHISA; FUKUNAGA, 2002; GAJDOSIK et al., 2005).

Cornwell, Nelson e Sidaway (2002) avaliaram os efeitos do alongamento passivo sobre o salto, atividade elétrica e a tensão do tríceps sural após o alongamento. Este estudo, também, se propôs a verificar os mecanismos no qual o alongamento passivo diminui a performance muscular. Os resultados mostraram uma pequena diminuição na tensão muscular após o alongamento (2,8%). Quanto a performance do salto, no tipo de salto em que este se inicia da posição de repouso não houve alteração da performance, já no tipo de salto no qual ele partia da posição de plantiflexão, agachava e então saltava (pliometria) houve uma significativa diminuição da performance após o alongamento (7,4%). O autor sugere que este resultado seja devido, principalmente, à inibição através do alongamento das estruturas musculares responsáveis por reflexos de estiramento, e, também, mas de menor responsabilidade devido à diminuição da tensão muscular. Porém, ainda não há evidências de que a inibição autogênica seja responsável por essa diminuição da performance mesmo que ele acredite nisso.

1.6 Dinamômetro isocinético

Atualmente, os equipamentos de dinamometria isocinética (figura 1) possuem velocidades angulares que vão de 0 (zero) a 500°/s. Esta velocidade é pré-determinada pelo examinador e permanece constante durante toda a sua execução. Estas velocidades são divididas em baixa, média e alta. As velocidades consideradas baixas vão de 15 a 120°/s e as altas acima de 270 a 450-500°/s (GUARATINI, 1999).

A dinamometria isocinética, além de mensurar a força muscular, é o método mais confiável de se avaliar o relaxamento viscoelástico da musculatura ao estiramento, e demonstrar a resistência que estes músculos oferecem ao serem alongados (ZAKAS et al, 2006).

No dinamômetro isocinético vários parâmetros podem ser analisados, sendo que os mais comuns são: torque, potência e trabalho. Além do modo isocinético, possui os modos: isotônico, isométrico e passivo para se verificar os parâmetros supra-citados.

O equipamento é constituído por sete módulos:

1. Uma unidade de recepção de força, a interface entre o sujeito e o sistema;
2. Uma célula de carga, que converte o sinal força em um sinal elétrico;
3. Um braço de alavanca, base para a unidade de recepção de força, que se move radialmente a partir de um eixo fixo;
4. A cabeça do dinamômetro, onde fica o motor do braço de alavanca;
5. Uma estação (assento) para posicionamento do sujeito;
6. Acessórios específicos necessários para a aplicação dos testes às várias articulações do corpo;
7. Um módulo de controle, composto por um computador associado aos seus softwares, periféricos e interfaces de transdução analógico-digital, responsável pelo controle do tipo de ação muscular desejada, da velocidade angular de teste e da amplitude de movimento, e pelo processamento dos dados em tempo real.

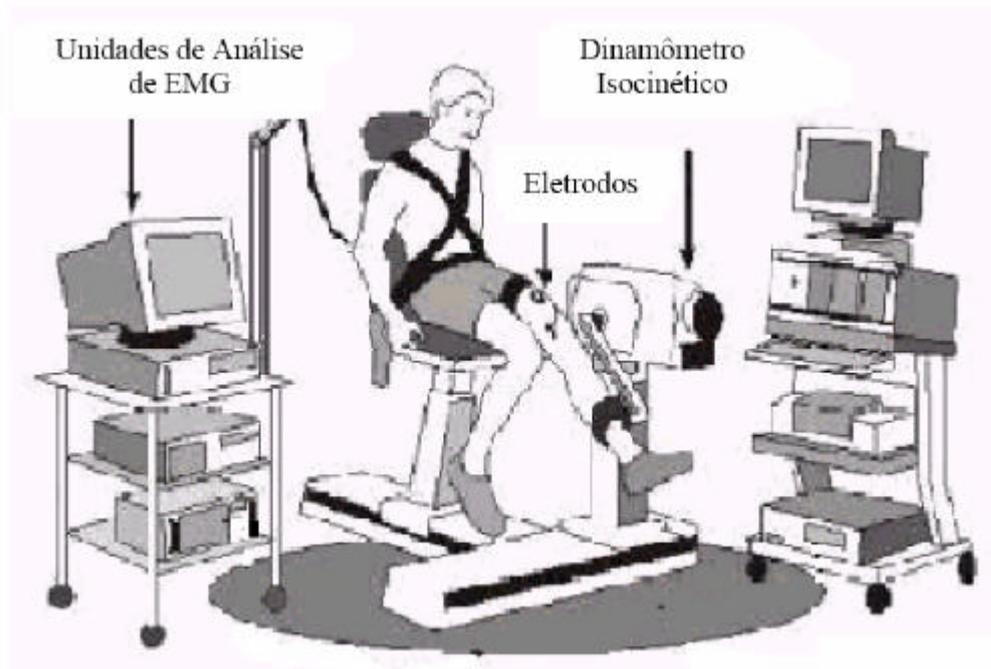


Figura 1 - Esquema demonstrando o posicionamento do indivíduo no dinamômetro isocinético associado ao eletromiografo (Arantes, 2003)

1.7 Taekwondo

Taekwondo é o atual nome de uma Arte Marcial que vem mantendo sua existência, desde seu surgimento na Coreia há mais de vinte mil anos. Atualmente, vem ganhando destaque mundial, principalmente, após a sua recente inclusão dentre os esportes olímpicos (FBT, 2006).

O Taekwon-do significa o caminho dos pés e das mãos através da mente, isto é, trata-se de uma arte marcial milenar que treina a mente através do corpo. Traduzindo literalmente do coreano, temos: *tae* que significa saltar, voar, esmagar com os pés; *kwon* que significa bater ou destruir com as mãos e, *do*, que significa o caminho, a arte, o método, a filosofia (KIM,2006).

Todas as atividades do Taekwon-do estão baseadas em táticas defensivas, pois este esporte nacional se desenrola como defesa própria contra o ataque inimigo. Cada movimento dessa arte marcial é desenhado cientificamente com um

propósito específico de desenvolver a crença de que o sucesso é possível a cada um (KIM, 2006).

Para simplificar, taekwondo é uma versão de combate desarmado desenvolvido com a finalidade de autodefesa. Entretanto, é mais do que apenas isto.

O propósito principal do taekwondo é defender e atacar o inimigo como meio de defesa própria usando livremente as mãos (FBT, 2006).

"Tae" pode ser, traduzido, literalmente, em saltar ou voar, para chutar ou quebrar com o pé. "Kwon" denota o punho, principalmente, para perfurar ou destruir com a mão ou o punho. "Do" significa uma arte ou o meio – um caminho correto construído e pavimentado pelos santos e sábios do passado. Assim, analisando, coletivamente, "taekwondo" indica o treinamento mental e as técnicas de combate desarmadas para a autodefesa, também, para a saúde, envolvendo a aplicação hábil dos golpes, chutes, bloqueios e esquivas com as mãos e os pés livres para uma destruição rápida do movimento do oponente, ou dos oponentes (WTF, 2006).

O combate ensina a humildade, coragem, vigilância, espírito imbatível, faculdade de adaptação e autocontrole. As posições próprias ensinam flexibilidade, equilíbrio e coordenação de movimentos, enquanto que os exercícios fundamentais ajudam a desenvolver a precisão, princípios e objetivos (WOO, 1998).

Os movimentos do taekwondo conjugados com o espírito se transformam em belos movimentos, pois possuem velocidade, equilíbrio, flexibilidade e ritmo envolvendo destreza no emprego dos pés e das mãos para a rápida imobilização do oponente (FBT, 2006).

O taekwondo no Brasil acaba de completar 30 anos, sendo uma das artes marciais que mais cresceu neste intervalo de tempo. Com essa rápida expansão, exigiu-se a formação de novos instrutores em curto espaço de tempo (FBT, 2006).

O fato de os atletas de taekwondo necessitarem, imensamente, de boa flexibilidade para a boa execução dos chutes, estudar flexibilidade nestes atletas é, extremamente, pertinente para a evolução dos praticantes do esporte e assim como os profissionais envolvidos com a reabilitação e treinamento.

2 OBJETIVOS DO ESTUDO

Objetivos gerais

Analisar os efeitos do alongamento de longa duração dos músculos isquiotibiais em atletas de nível competitivo de taekwondo e a influência do alongamento na força muscular.

Objetivos específicos

Analisar se:

1. O ALD é mais eficiente para obter ganho de ADM, do que o alongamento de 30s.
2. O ALD provoca uma diminuição da resistência oferecida pelos isquiotibiais à extensão passiva do joelho.
3. O comportamento da curva de relaxamento viscoelástico durante o ALD.
4. O tempo necessário para começar a ocorrer uma queda significativa do torque passivo durante o ALD.
5. Por quanto tempo esta queda do torque continua ocorrendo de modo significativo.
6. Após o alongamento ocorre uma alteração na força isométrica.

3 JUSTIFICATIVA

Atualmente, não há consenso entre os profissionais de saúde quanto ao tempo ideal de alongamento muscular necessário para se chegar a um relaxamento viscoelástico no tecido.

Mesmo sem um embasamento científico necessário, o alongamento de longa duração é utilizado, com o objetivo de obter um efeito plástico de alongamento e melhorar a postura.

Desta maneira, este estudo é tão importante para esclarecer tais questionamentos buscando assim, embasamento científico para este procedimento.

O fato de os atletas de taekwondo necessitarem, imensamente, de boa flexibilidade para a boa execução dos chutes, estudar flexibilidade nestes atletas é, extremamente, pertinente para a evolução dos praticantes do esporte e, também, importante, para dar suporte científico aos profissionais envolvidos com a reabilitação e treinamento.

4 METODOLOGIA

4.1 Amostra

Foram selecionados sete voluntários do sexo masculino e três do sexo feminino, com idade média de $19 \pm 4,61$ anos e massa corpórea de $65,25 \pm 12,03$ kg. Todos os atletas são faixa preta de nível competitivo, reconhecidos pela confederação brasileira de taekwondo.

4.2 Critérios de Inclusão e Exclusão

Critérios de inclusão:

- Voluntários que, após conhecimento e entendimento do termo de consentimento livre e esclarecido, manifestem sua aceitação em participar deste projeto.
- Voluntários que sejam atletas de taekwondo de nível competitivo.

Critérios de exclusão:

- Voluntários que apresentem doenças traumato-ortopédicas e/ou neuromusculares em membros inferiores e coluna vertebral;
- Voluntários que tenham história de lesão em membros inferiores no último ano;
- Estar em uso de algum medicamento que altere a percepção de dor ou tenham efeitos sobre a musculatura.

4.3 Termo de Consentimento

Os voluntários foram, primeiramente, esclarecidos e orientados a respeito de suas participações no estudo quanto aos procedimentos utilizados para investigação e o caráter não invasivo dos mesmos. Eles foram familiarizados com o ambiente e

materiais utilizados, e com as pessoas envolvidas no programa. Após lerem e concordarem em participar da pesquisa, todos os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, de acordo com a resolução No. 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. (ANEXO C).

Todas as etapas do experimento foram realizadas no laboratório de biodinâmica da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP, logo após a aprovação do Conselho de Ética e Pesquisa (CEP) desta instituição (H007/2006/CEP). (ANEXO D).

4.4 Procedimentos

4.4.1 Protocolo de avaliação física

A avaliação inicial (Anexo A) foi feita pelos responsáveis pelo projeto, e constou de uma entrevista e de uma avaliação física.

4.4.2 Protocolo de alongamento

Utilizamos para verificar a resistência passiva dos IQT ao estiramento o dinamômetro isocinético computadorizado BIODEx, modelo Biodex multi-joint system 3 da BIODEx MEDICAL SYSTEMS Inc.

Os dados coletados foram coletados pelo dinamômetro isocinético numa taxa de amostragem de 100Hz (1 ponto a cada 10ms).

Um mês antes do início das coletas, alguns atletas foram avaliados quanto a sua flexibilidade, foi necessário verificar quantos graus de flexão de quadril era necessário para que os atletas não conseguissem estender, completamente, o joelho durante a manobra de alongamento. A partir desta avaliação foi verificado que era preciso uma cunha com angulação de 55°, como o encosto da cadeira não inclinava mais que 85°, a posição da articulação coxo-femural permanecia em 140° (85 + 55). Esta cunha seria posicionada sob a coxa do atleta durante a avaliação da ADM antes e depois do alongamento e durante o procedimento de alongamento.

Para que esta cunha de madeira não escorregasse, a mesma foi amarrada com uma faixa que contornava o encosto da cadeira do dinamômetro (figura 2).

Após o correto posicionamento do voluntário, a porção distal da perna e a pelve foram, firmemente, fixadas. O eixo mecânico do dinamômetro foi alinhado com o epicôndilo lateral do fêmur.



Figura 2 – Equipamento de dinamometria isocinética utilizado. A foto foi tirada sem o atleta para melhor visualização da cunha que aumenta a flexão de coxo-femural

Primeiramente, foi realizado uma manobra de alongamento dos músculos IQT do membro dominante (D). A manobra de alongamento partiu de uma posição inicial de 80° de flexão de joelho, considerando-se 0° a extensão completa, o dinamômetro foi programado a estender, passivamente, a perna do voluntário numa velocidade de 5°/seg (fase dinâmica da manobra) até o voluntário referir desconforto segundo uma escala de percepção (Anexo B), sendo que neste instante foi verificado o nível de resistência oferecido pelos isquiotibiais á extensão passiva do joelho, e, este valor foi denominado de pico torque passivo (PTP) 1 (MAGNUSSON; AAGAARD; NIELSON, 2000). A partir deste ponto, o membro permaneceu nesta posição durante 8 minutos (fase estática da manobra). Após este período, o dinamômetro levou, passivamente, a perna do voluntário até a posição inicial (80°) e, em seguida, foi avaliado,

novamente, o nível de resistência dos IQT à extensão passiva do joelho (PTP 2) com o dinamômetro isocinético.

Depois, o procedimento foi repetido no membro não dominante (ND), porém, a fase estática da manobra (período em que o membro era mantido na posição de alongamento) teve uma duração de 30 segundos.

4.4.3 Protocolo de avaliação da força muscular

No dia anterior ao procedimento de alongamento muscular foi realizado o teste de contração isométrica voluntária máxima (CIVM), que consistiu na realização de 03 contrações isométricas máximas dos isquiotibiais, realizadas com intervalo de 05 segundos entre cada uma, onde foi considerado o maior valor (DE LUCA, 1997). Neste procedimento, o atleta estava sentado com o tronco apoiado na cadeira do dinamômetro, articulação do quadril a 85° de flexão de quadril e extensão completa de joelho. Sua coxa foi, firmemente, fixada ao assento do dinamômetro e o eixo rotacional do dinamômetro foi alinhado com o epicôndilo lateral do fêmur (figura 3).

No dia seguinte, após o procedimento de alongamento muscular, foi repetido o procedimento para comparar os resultados da CIVM obtidos no dia anterior.



Figura 3 - Procedimento de coleta da contração isométrica voluntária máxima

4.5 Processamento dos sinais

Os sinais coletados pelo dinamômetro isocinético foram processados pelos softwares Matlab 6.1 – Mathworks e Excel.

4.6 Análise estatística

Os dados foram analisados através do software Bio Estat 2.0 usando o testes não paramétricos, Mann Whitney para dados pareados e o teste de Kruskal-Wallis para análise de variância, ambos com um nível de significância de 0,05.

5 RESULTADOS

Todos os voluntários do estudo conseguiram completar o teste, sem qualquer intercorrência que pudesse alterar os resultados obtidos.

Durante a avaliação física verificou-se a dominância de cada atleta com sendo a perna usada, preferencialmente, para a manobra de chute no Taekwondo. Nove voluntários apresentavam dominância direita e um voluntário dominância esquerda.

Para ficar mais claro o procedimento de ALD, demonstramos a partir da figura 4 um exemplo de uma das coletas do ALD.

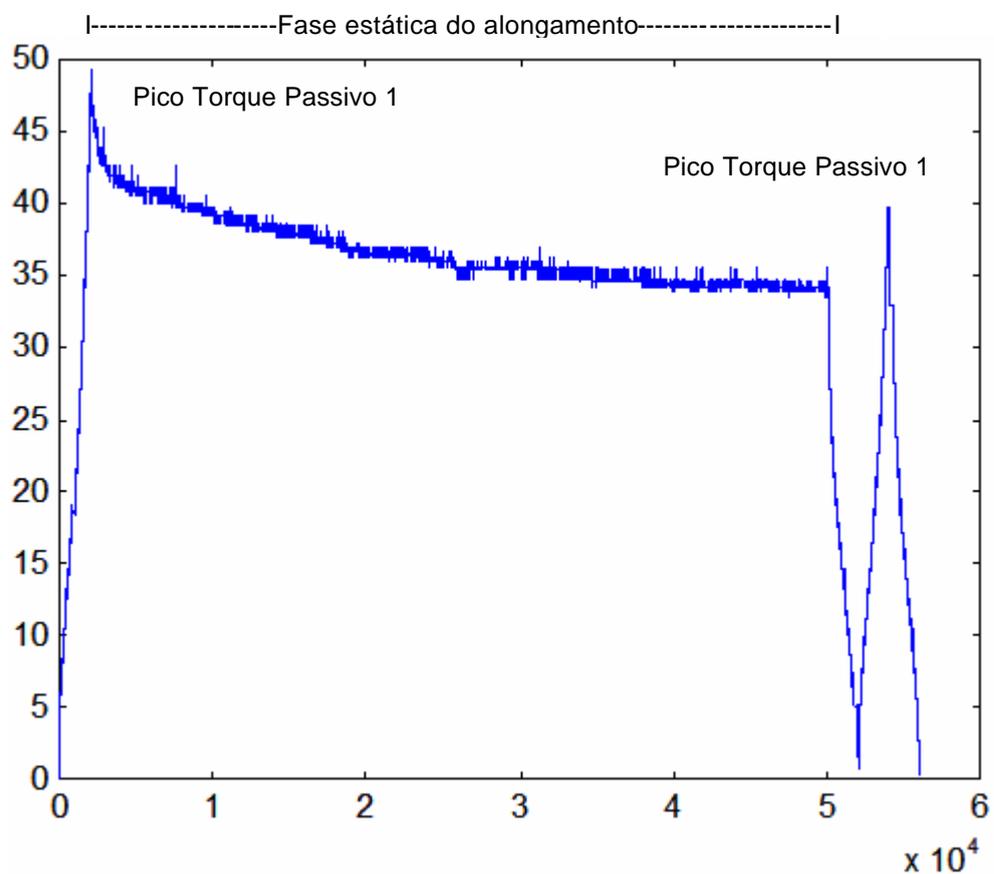


Figura 4 - Exemplo de uma das coletas do alongamento de 8 minutos (480.000ms) (eixo x tempo em milissegundos e eixo y Torque em Nm)

O primeiro item a ser avaliado foi o ganho de amplitude de ADM, após a realização das manobras de alongamento muscular. Os resultados obtidos estão

expostos na tabela 1. Foi considerado 0° a extensão total do joelho e os valores negativos são o quanto resta para a extensão.

Tabela 1 - Valores da ADM em graus verificado antes e depois do alongamento no membro dominante (8min) e no não dominante (30s), ganho representa em graus a melhora obtida.

	ANTES D	DEPOIS D	GANHO D	ANTES ND	DEPOIS ND	GANHO ND
Voluntário 1	-12	1	13	-25	-14	11
Voluntário 2	-14	-5	9	-24	-22	2
Voluntário 3	-6	4	10	-14	-10	4
Voluntário 4	-20	-10	10	-15	-10	5
Voluntário 5	-20	-2	18	-22	-15	7
Voluntário 6	-20	-8	12	-25	-20	5
Voluntário 7	-8	2	10	-16	-14	2
Voluntário 8	-24	-14	10	-30	-26	4
Voluntário 9	-15	-8	7	-26	-20	6
Voluntário 10	-12	-5	7	-34	-28	6
Média	-15,1	-4,5*	10,6#	-23,1	-17,9	5,2
DP	5,8204	5,7397	3,3149	6,5226	6,2972	2,6161
Valor p			0,0025			0,0963

*p=0,0025 em relação ao valor anterior ao alongamento de 8 min

#p=0,0006 em relação ao alongamento de 30s

Apenas no alongamento de 8 minutos houve um ganho significativo na ADM após o procedimento (10,6° p=0,0025), já que o ganho de 5,2°, posteriormente, ao alongamento de 30s não foi significativo (p=0,0963). Quando comparamos o ganho de ADM nos diferentes tipos de alongamento, observamos que o alongamento de 8 minutos foi mais efetivo quanto ao ganho de ADM do que o alongamento de 30 segundos no membro não dominante (p=0,0006).

Outro parâmetro avaliado foi a queda percentual entre o valor de PTP1 (início do alongamento) e PTP2 (após o alongamento) no membro dominante e no membro não dominante. A Tabela 2 demonstra estes resultados:

Tabela 2 - Valores do pico torque passivo 1, pico torque passivo 2 em Nm e variação percentual (?) ocorrida após o alongamento no membro dominante (D) e no não dominante (ND).

	PTPD 1	PTPD 2	? PTPD	PTPND 1	PTPND 2	? PTPND
Voluntário 1	24,7	24,4	-1,2146%	25,1	27,5	9,5618%
Voluntário 2	49,2	41,1	-16,4634%	50,2	47,5	-5,3785%
Voluntário 3	31,1	29,3	-5,7878%	32,1	32,1	0,0000%
Voluntário 4	39,1	34,2	-12,5320%	39,1	38	-2,8133%
Voluntário 5	47,5	43,3	-8,8421%	41,5	42,2	1,6867%
Voluntário 6	57,6	49,5	-14,0625%	40,4	39,5	-2,2277%
Voluntário 7	57,9	52,3	-9,6718%	58,6	56,1	-4,2662%
Voluntário 8	53,4	48,1	-9,9251%	48,1	46,8	-2,7027%
Voluntário 9	45	42,6	-5,3333%	41,9	39,5	-5,7279%
Voluntário 10	33,8	30	-11,2426%	36,6	33,5	-8,4699%
Média	42,4111	38,3666	-9,0001%*	41,4666	40,3555	-2,0340%
Desvio Padrão	10,9891	9,3757	0,0445	9,9931	8,8780	0,0499
Valor p			0,3258			0,7337

*p=0,0032 em relação à variação do PTP no alongamento de 30s

Os resultados demonstram que a queda de 9% (p=0,3258) do PTP2 em relação ao PTP1 no membro dominante, após o ALD e de 2% (p=0,7337) no membro não dominante, após o alongamento de 30s, não foram estatisticamente significantes, porém, a queda deste valor foi maior no ALD do que no alongamento de 30s (p=0,0032).

Para se analisar o comportamento da curva de relaxamento viscoelástico dos isquiotibiais durante ambos os alongamentos, oito minutos no membro dominante e trinta segundos no membro não dominante, os dados foram separados em janelas de 15 (quinze) segundos (1500 pontos, 1 a cada 10 ms) na qual foi calculado a média de cada janela. Portanto, as análises do membro não dominante foram compostas de duas janelas (denominadas JND1 e JND2) e a análise do membro dominante foi composta de 32 janelas (denominadas JD1, JD2...JD32).

A figura 5 demonstra graficamente o comportamento do torque durante os oito minutos de alongamento dos isquiotibiais no MD:

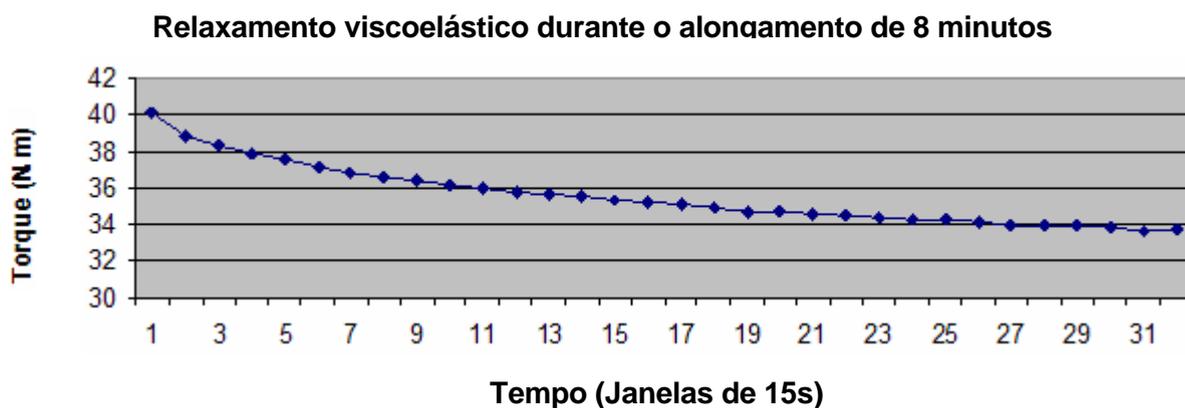


Figura 5 - Comportamento do torque em Nm durante os oito minutos de alongamento de isquiotibiais. O período de alongamento está dividido em 32 janelas de 15 segundos.

A figura 6 demonstra graficamente o comportamento do torque durante os 30s de alongamento dos isquiotibiais no MND.

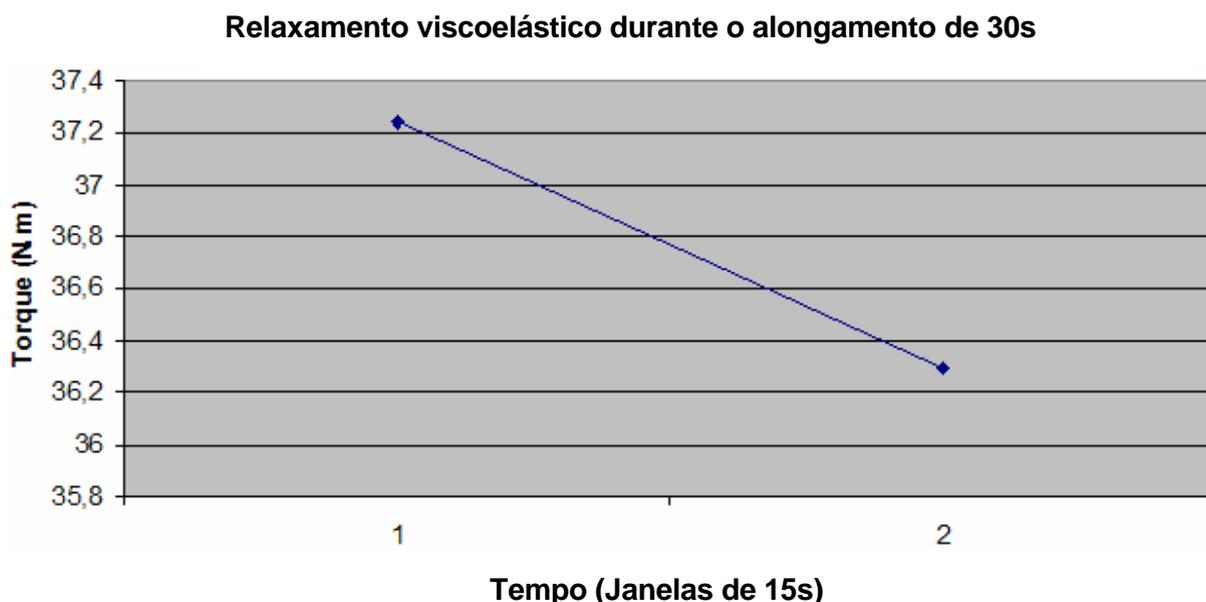


Figura 6 - Comportamento do torque em Nm durante os 30 segundos de alongamento dos isquiotibiais. O período de alongamento está dividido em 2 janelas de 15 segundos.

A figura 7 demonstra graficamente quantos por cento o torque diminui em relação ao valor de PTP1 durante os oito minutos de alongamento no MD.

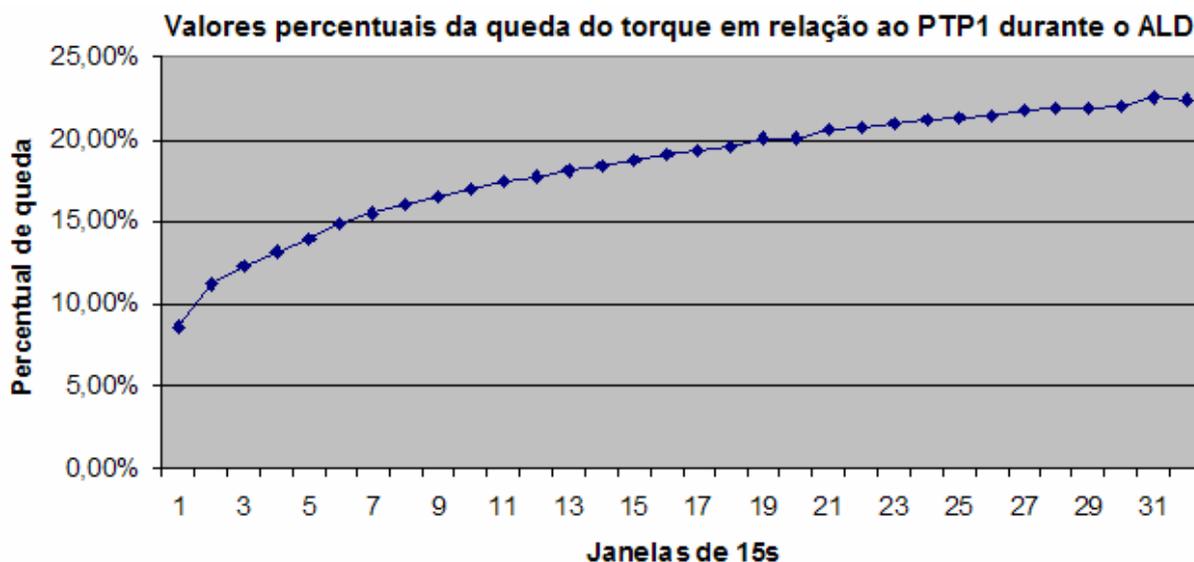


Figura 7 - Valores percentuais da queda do torque em relação ao PTP1 durante o ALD. O período de alongamento foi dividido em 32 janelas de 15s

A figura 8 demonstra graficamente quantos por cento o torque diminui em relação ao valor de PTP1 durante os 30s de alongamento no MND.

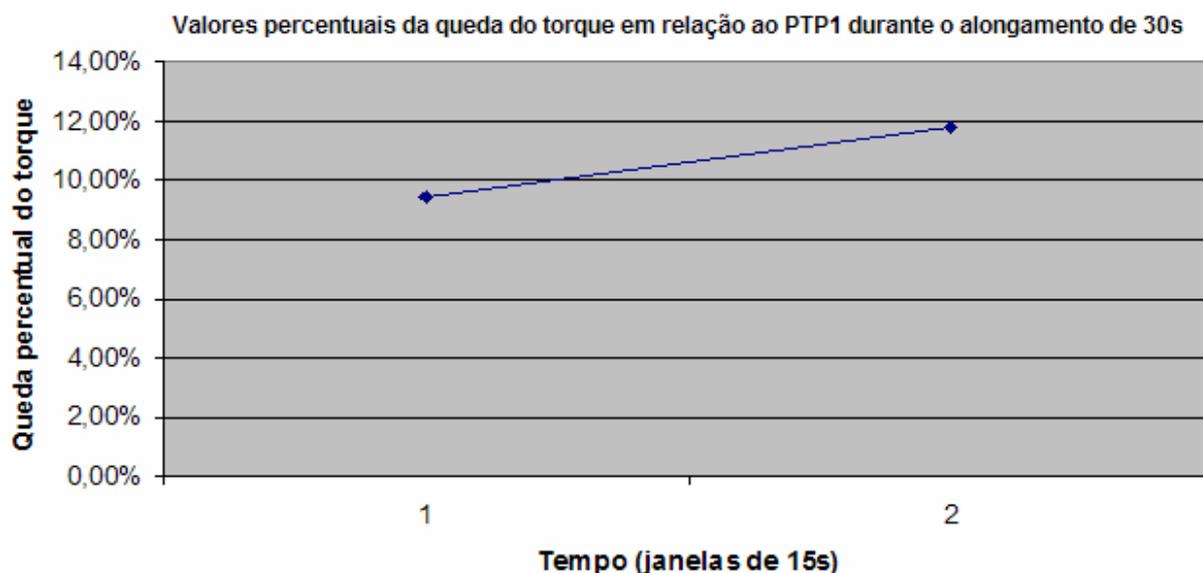


Figura 8- Valores percentuais da queda do torque em relação ao PTP1 durante o alongamento de 30s. O período de alongamento foi dividido em 2 janelas de 15s.

Durante o ALD houve uma queda do torque (relaxamento viscoelástico) de $22,41\% \pm 6,02$ da última janela (JD32), em relação ao PTP1 do MD. Já, ao longo do alongamento de 30s, essa queda do torque (relaxamento viscoelástico), foi de $11,82\% \pm 4,65\%$ da última janela (JND2), em relação ao PTP1 do MND. Ao se

comparar estes resultados, verificou-se que houve uma queda do torque, estatisticamente, mais significativa no alongamento de longa duração ($p=0,0015$).

A figura 9, a partir da análise de variância de KRUSKAL-WALLIS, demonstra o gráfico do comportamento do relaxamento viscoelástico (queda do torque), durante os instantes em que houve queda, estatisticamente significativa, do torque no alongamento ($p<0,05$). Primeiramente, foi verificado que foi necessário cinco janelas (1min e 15s), a partir do início do alongamento para haver uma queda significativa do torque. A partir de então, cada vez mais se necessitou de mais tempo para que o comportamento viscoelástico do músculo demonstrasse uma queda significativa. Na segunda janela foi preciso 1min e 45s, na terceira 2min, na quarta 2min e 15s, na quinta 2min e 30s, na sexta 3min, na sétima 3min e 15s, na oitava 3min e 45s, na nona 4min e 15s, na décima janela 5min, após a décima janela (2min e 30s), não foi verificado mais uma queda significativa do torque ($p<0,05$).

Comportamento do relaxamento viscoelástico nos instantes em que houve queda significativa

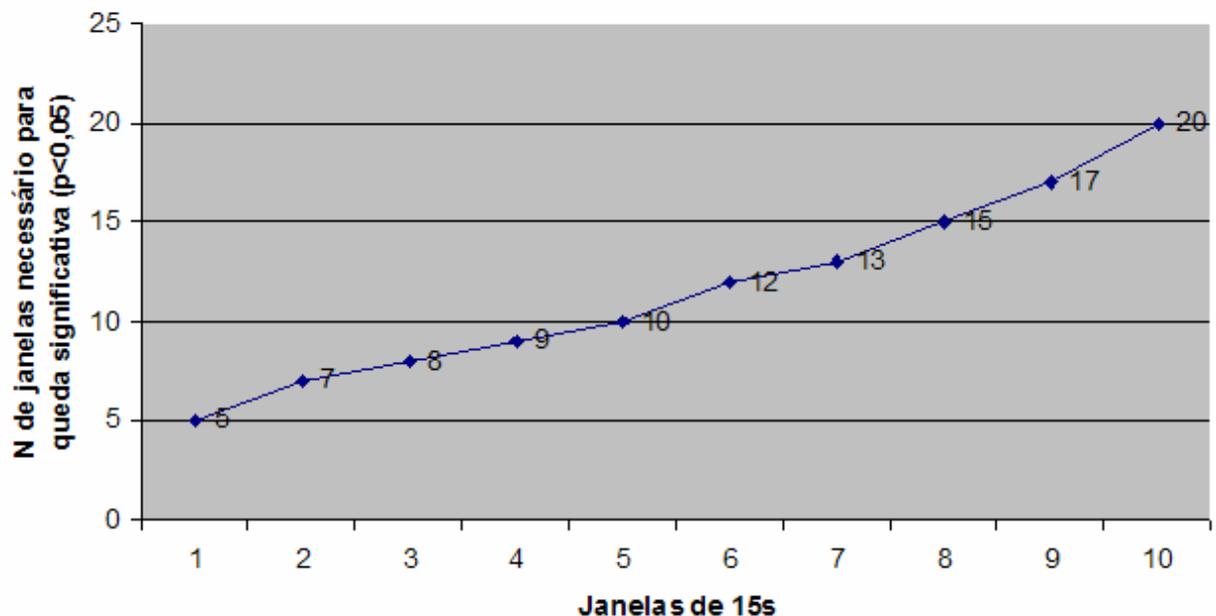


Figura 9 - A figura demonstra o tempo necessário para que haja uma queda significativa do torque após o início do alongamento, e a partir de então, a quantidade de janelas de 15 segundos necessárias para continuar tendo queda significativa do torque.

A tabela 3 demonstra a análise do efeito do alongamento dos IQT sobre a força muscular, representada pelo pico de torque gerado pelo músculo durante a melhor de três contrações isométricas, antes (no dia anterior) e após o procedimento de alongamento muscular.

Tabela 3 - Valores de pico torque antes e depois dos alongamentos e a variação percentual ocorrida após a manobra.

	PTD ANTES	PTD DEPOIS	? PTD	PTND ANTES	PTND DEPOIS	? PTND
Voluntário 1	91,8	70,2	-23,5294%	82	70,2	-13,1707%
Voluntário 2	112	94,9	-15,2679%	82,3	94,9	-4,4957%
Voluntário 3	84,5	65,9	-22,0118%	78,9	65,9	-30,5450%
Voluntário 4	106,4	94,1	-11,5602%	97,9	94,1	-9,2952%
Voluntário 5	73,1	72,5	-0,8208%	70	93	32,8571%
Voluntário 6	96	99,9	4,0625%	75,1	99,9	-17,3103%
Voluntário 7	103,9	83,4	-19,7305%	37,2	83,4	-21,2366%
Voluntário 8	181,3	131,4	-27,5234%	165,2	131,4	-3,3898%
Voluntário 9	131,5	121,2	-7,8327%	113,1	121,2	-14,5004%
Voluntário 10	129,2	90,3	-30,1084%	114,6	90,3	-25,5672%
Média	110,97	92,38	-15,4323%	91,63	81,94	-10,6654%
DP	30,729	21,3237	11,3296%	34,1337	34,0869	17,5791%
Valor p			0,0963			0,4727

Os valores demonstram que a queda de $15,43\% \pm 11,32\%$ ($p=0,0963$) do pico torque no membro dominante (ALD) e de $10,66\% \pm 17,57\%$ ($p=0,4727$) não foi estatisticamente significativa, da mesma maneira não foi possível demonstrar que o ALD gera uma perda de força maior, após o procedimento do que no alongamento de 30s ($p=0,6501$).

6 DISCUSSÃO

Como um dos objetivos da técnica de alongamento é aumentar a flexibilidade, verificamos a variação de ADM devido ao procedimento. Apenas no alongamento de 8 minutos houve um ganho significativo na ADM. Também, foi verificado que o alongamento de 8 minutos foi mais efetivo quanto ao ganho de ADM em graus do que o alongamento de 30 segundos no membro não dominante. A princípio, não há como saber se o fato de o membro dominante ser bem mais flexível, devido ao treinamento de chute, pode ter influenciado os resultados, mas, provavelmente, se o alongamento de longa duração tivesse sido realizado no outro membro o ganho de ADM poderia ser maior ainda, devido ao déficit inicial de flexibilidade.

Mesmo a goniometria não sendo o procedimento mais confiável de medida (BROSSEAU et al., 2001), os resultados foram bastante expressivos, o que pode amenizar a possibilidade de erros quanto à medida goniométrica.

Com relação ao tempo de aplicação do alongamento, estudo prévio realizado por Bandy e Irion (1994), com quatro grupos (0, 15, 30 e 60s) demonstrou que, após seis semanas de alongamentos de IQT em cinco dias por semana, o grupo de 30 e 60s foram mais efetivos no aumento da flexibilidade do que o de 15 e 0s. Percebeu também, que o alongamento mantido por 30s era tão efetivo quanto o de 60s. Por este motivo usamos como controle o alongamento de 30s para compararmos os resultados obtidos no alongamento de 8 min.

Com relação à frequência de aplicação das técnicas de alongamento, outro estudo realizado por Bandy, Irion e Briggler (1997) com grupos que realizavam uma ou três repetições de alongamentos com duração de 30 e 60s, demonstrou que os melhores resultados na técnica foram dos que realizavam apenas 1 manobra pelo tempo de 30s.

Zakas et al. (2005) estudaram os efeitos de alongamentos em membros inferiores na ADM em mulheres de 65 a 85 anos. Usou 3 protocolos: 1 x 60s, 2 x 30s, e 4 x 15s. Houve uma melhora significativa no ganho de ADM em todos os grupos, porém sem diferença entre eles.

O mesmo autor chegou à mesma conclusão em um estudo com atletas. Foram avaliados três protocolos para ganho de flexibilidade (flexão, extensão e abdução de quadril, flexão de joelho e dorsiflexão de tornozelo com o joelho fletido), que consistiam em uma série de alongamentos de 30s, 2 de 15s e 6 de 5s (ZAKAS, 2005).

A queda do pico torque passivo 2, em relação ao pico torque passivo 1, representa a diminuição da resistência oferecida pelo complexo músculo aponeurótico posterior da coxa à extensão passiva do joelho, porém tanto a queda de 9% no alongamento de longa duração, quanto a de 2% no alongamento de 30 segundos não foi estatisticamente significativa para comprovar esta hipótese. Porém, verificamos que, no alongamento de longa duração, houve uma queda mais significativa do pico torque passivo 2 deste membro do que a queda do pico torque passivo 2 no membro alongado por 30 segundos.

Outro parâmetro analisado foi o comportamento do torque durante o procedimento de alongamento de longa duração, que representa o relaxamento viscoelástico dos tecidos. Considerando-se a queda do torque em relação ao pico torque passivo 1 como, estatisticamente significativa, quando $p < 0,05$. Foi observado que houve necessidade de 1 min e 15s de alongamento para a queda do torque ser estatisticamente significativa, portanto, este seria o tempo necessário para que o alongamento dos isquiotibiais gerasse um relaxamento viscoelástico do tecido.

Na mesma análise para se verificar por quanto tempo o alongamento continuava sendo eficiente, foi avaliado, a partir de cada janela de 15 segundos, por quanto tempo o torque continuava decaindo. Os resultados demonstraram que a queda do torque foi diminuindo, progressivamente, com o tempo, até que a partir da décima janela de 15 segundos (2min e 30s), a queda do torque deixou de ser estatisticamente significativa ($p < 0,05$). Demonstrando que houve uma acomodação das propriedades mecânicas do conjunto músculo-aponeurótico que resiste ao movimento de extensão do joelho.

Neste estudo, durante todo o procedimento de alongamento, foi mantida a angulação inicial do procedimento, sendo esta considerada como o máximo tolerado sem que haja dor, somente um desconforto. Existem procedimentos em que se usa o alongamento de longa duração aumentando a ADM, a partir do ponto que se

percebe que o alongamento deixou de ter os efeitos desejados, teoricamente, desta maneira, não haveria a acomodação do tecido que existiu neste estudo e, portanto, continuaria tendo os efeitos plásticos do alongamento, vencendo desta maneira o limite elástico dos tecidos. Metodologicamente, ficaria difícil de realizar um estudo nestes moldes, devido à dificuldade em se controlar todas as variáveis, além do que, cada indivíduo, possui uma tolerância ao alongamento, ficando complicado de agrupar os dados.

Apenas um estudo foi encontrado utilizando variação da angulação durante o alongamento. Nele, o autor avaliou os efeitos do alongamento de longa duração (30 minutos). Foram utilizados dois protocolos: um mantendo o alongamento como no nosso estudo em angulação constante e no outro grupo em vez da angulação ele programou o equipamento para manter o torque constante. Com isso, ao passo que a musculatura relaxava-se a angulação do alongamento aumentava. O estudo demonstrou que, ambos os protocolos, produziram relaxamento viscoelástico do tecido, porém no grupo com torque constante estes resultados foram mais expressivos (YEH; TSAI; CHEN; 2005).

Na maioria dos estudos que analisam a variável tempo de alongamento, ao invés de usar a metodologia empregada neste estudo, os autores fracionam o alongamento em várias séries e depois consideram o valor somatório dos tempos de cada manobra de alongamento muscular. Acreditamos que, mesmo sendo que este procedimento reproduz a maioria dos métodos de alongamento muscular utilizados no dia a dia, o fato de interromper o alongamento não dá tempo de ter um efeito viscoelástico sobre a musculatura, como demonstrado no nosso estudo foi necessário um minuto e quinze segundos para ter este efeito. Por este fato, Halbertsma, Bolhuis e Göeken (1996) verificaram que, após dez manobras de alongamento de 30 segundos, cada sendo intercalada por 30 segundos de descanso não houve alteração da curva relaxamento viscoelástico, mas houve aumento na amplitude do movimento. Então, ele concluiu que no protocolo utilizado o alongamento não teve efeito mecânico na musculatura, porém o que aconteceu foi um aumento na tolerância do indivíduo à manobra de alongamento muscular.

Também confirmando os resultados do presente estudo Weir, Tingley e Elder (2005), ao realizar cinco manobras de alongamento de isquiotibiais durante

dois minutos cada observou pouca diminuição do torque durante cada manobra, apenas comparando-se o torque inicial da primeira manobra com o final da quinta manobra de alongamento eles observaram a queda do torque.

Magnusson, Aagaard e Nielson (2000), em outro estudo utilizando repetidas manobras de alongamento de isquiotibiais, avaliaram se a resistência oferecida entre uma manobra e outra era diferente. Foi observado que houve uma diminuição da resistência oferecida ao dinamômetro, durante o período do alongamento, mas a resistência oferecida na primeira manobra de 45 segundos foi semelhante à terceira. Portanto, concluiu-se que o protocolo utilizado não alterou as propriedades viscoelásticas dos isquiotibiais.

A manutenção da posição de alongamento por um determinado tempo é necessário para a obtenção da resposta viscoelástica, sendo que, apenas a manobra dinâmica de estiramento e retorno a posição inicial por repetidas vezes não altera o torque (HALBERTSMA et al., 1999).

Outro fator importante que reafirma a necessidade do alongamento ser de longa duração quando se deseja obter efeitos plásticos, é que a força de tensão causa um aumento na atividade celular, levando a um aumento na síntese de DNA e proliferação celular, sendo que estes efeitos dependem do tempo de aplicação da força (ZEICHEN; GRIENSVEN; BOSCH, 2000; YANG et al., 1997).

Mchugh et al (1992) avaliaram a correlação entre o relaxamento viscoelástico ao alongamento e a atividade contrátil reflexa (IEMG), em que utilizando alongamento de 45 segundos ele conseguiu uma diminuição da tensão muscular e da atividade IEMG, porém estas duas variáveis são independentes uma da outra.

O presente estudo não conseguiu demonstrar que a manobra de alongamento muscular, tanto o de longa duração, quanto o de 30s, produz uma diminuição da força muscular, já que a queda de 15,4% do PT após o ALD e 10,6% no PT, posteriormente ao alongamento de 30s não foi estatisticamente significativa, e, não houve, diferença significativa, desta queda entre os dois alongamentos.

Estudos recentes têm demonstrado que as técnicas de alongamento quando realizado antes de alguma atividade diminui a força muscular (CRAMER et al., 2005;

KNUDSON; NOFFAL, 2005; WEIR; TINGLEY; ELDER, 2005; SHRIER, 2004; CORNWELL; NELSON; SIDAWAY, 2002; FOWLES; SALE; MACDOUGALL, 2000), os autores justificam esta perda de força por mecanismos de inibição neural e, devido a alterações mecânicas do músculo. Já, dois estudos avaliando as propriedades viscoelásticas tendíneas da musculatura da panturrilha não encontraram alteração na CIVM, após o alongamento muscular (KUBO et al, 2001; KUBO; KANEHISA; FUKUNAGA, 2001), porém nestes estudos os autores realizaram aquecimento muscular antes do procedimento.

Weir, Tingley e Elder (2005) investigaram se a CIVM diminuía após 10 minutos (5 x 2 minutos) de alongamento dos plantiflexores. Depois do alongamento, a CIVM diminuiu 7.1%, porém, quando um novo teste de CIVM foi realizado, agora em posição de alongamento, os resultados voltaram a valores próximos ao inicial. Os achados sobre o padrão dos reflexos musculares envolvidos demonstram que os resultados eram devidos a alterações mecânicas na musculatura e não sobre inibição neural.

Fowles, Sale e Macdougall (2000) avaliaram a performance da força muscular, após 13 manobras cíclicas de alongamento da panturrilha de 135 segundos. A CIVM ficou 28% abaixo da inicial, e após 5 minutos a 80% e após 15 minutos 87% do valor inicial. Foi estimado que, 60% desta diminuição de força foi devido a diminuição de ativação neural e 40%, devido a fatores intrínsecos mecânicos do próprio músculo.

O alongamento resulta numa diminuição da produção de força, através de diminuição na ativação de unidades motoras e/ou frequência de disparos causados, também, por algum mecanismo de inibição do sistema nervoso central, já que, além das alterações do pico torque e da amplitude EMG, após o alongamento, ocorridas lado alongado, há uma diminuição destes parâmetros no outro membro. (CRAMER et al., 2005)

Estas situações de perda de força se referem a efeitos agudo do alongamento, já nos programas que envolvem alongamentos durante um período de tempo tem efeito contrário em relação à performance muscular, portanto, melhoram a força muscular (GAJDOSIK et al., 2005; KUBO; KANEHISA; FUKUNAGA, 2002). Esta situação de melhora da performance muscular associada ao ganho de

flexibilidade, também, depende de qual modalidade está em discussão. Esta melhora está mais associada a esportes que, freqüentemente, utilizam movimentos pliométricos como, por exemplo, salto e arremessos, devido a diminuição da perda de energia transformada em calor que ocorre em músculos mais flexíveis, agora, esportes que não realizam com tanta freqüência tal manobra não teriam tantos ganhos com o treino de flexibilidade (WITVROUW et al., 2004).

Gajdosik et al. (2005) analisaram os efeitos de um programa de oito semanas de alongamento dos músculos da panturrilha em mulheres idosas, verificando ADM de dorsiflexão, força isométrica e extensibilidade. O segundo propósito foi examinar a influencia do programa de alongamento em testes funcionais. Este protocolo aumentou a ADM de dorsiflexão, a extensibilidade, a força produzida em isometria e a performance das pacientes ao realizar os testes funcionais (como sentar e levantar e caminhada de 10 minutos).

Kubo, Kanehisa e Fukunaga (2002) examinaram se as propriedades de estruturas tendinosas eram alteradas com treino de resistência (8 semanas) ou quando se associava ao treinamento de resistência o treino de flexibilidade. Em ambos os grupos houve aumento significativo da massa muscular, na tensão muscular e nos valores da CIVM, sem diferença relativa entre eles. Entretanto, no grupo com alongamento houve uma diminuição da histerese, demonstrando assim um maior declínio da viscosidade.

Histerese é um fenômeno associado à perda de energia exibida por materiais viscoelásticos quando são submetidos a ciclos de carga e descarga. Com isso, a perda de energia convertida em calor ficaria diminuída nos procedimentos que fazem decair a histerese. Poderia, então, supor que a diminuição da histerese provocada pelo treino de flexibilidade melhoraria a performance por aumentar a eficiência energética. (ALTER, 1996). Assim, como histerese é um indicativo de viscosidade do tecido, sendo que, o treinamento de alongamento faz com que as estruturas tendinosas se tornem mais compliantes e que, uma maior quantidade de energia, seja armazenada durante ciclos de alongamento-encurtamento. O alongamento é um importante meio de aumentar a reutilização da energia perdida durante estes ciclos por reduzir a histerese (KUBO et al. 2001; KUBO; KANEHISA; FUKUNAGA, 2001; KUBO; KANEHISA; FUKUNAGA, 2002).

Devido a necessidade de ter uma amostra homogênea, o presente estudo não conseguiu ter um número maior de voluntários, já que todos os atletas avaliados são faixa preta e de nível competitivo de taekwondo.

Neste estudo foram avaliados os efeitos agudos do alongamento, ainda continua sendo necessário estudos sobre tais efeitos a longo prazo, verificando os efeitos plásticos da manobra e as adaptações obtidas pelos tecidos. Seria importante, também, estudos que demonstrassem as alterações histológicas ocorridas devido ao alongamento muscular.

Mais estudos são necessários para entender melhor os efeitos fisiológicos do alongamento de longa duração em atletas e em indivíduos que necessitem dos efeitos plásticos desejados com esta manobra. Estes estudos poderiam ser reproduzidos em pacientes e em indivíduos sedentários para compararmos com os resultados obtidos nos atletas.

7 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, concluímos que a manobra de alongamento muscular dos isquiotibiais por um período de oito minutos em atletas de alto nível de Taekwondo provoca um aumento da flexibilidade de extensão passiva do joelho, diferentemente, do alongamento de 30 segundos que não obteve este resultado.

Este alongamento de longa duração, também, conseguiu diminuir com maior eficiência a resistência oferecida pelos isquiotibiais ao movimento passivo de extensão do joelho.

A análise do comportamento da tensão dos isquiotibiais, durante o alongamento nestes atletas demonstrou que é necessário pelo menos um minuto e quinze segundos de manutenção da posição de alongamento para se obter um relaxamento viscoelástico dos tecidos que restringem a extensão passiva do joelho. Quanto a necessidade de um período tão longo da manutenção do alongamento ficou demonstrado que, a partir de dois minutos e trinta segundos na posição de alongamento, não houve uma queda significativa do torque. Portanto, não há motivos de manter esta posição após este período, quando se mantém a angulação constante durante a manobra.

A partir dos dados analisados sobre o PT da CIVM, não podemos concluir que o alongamento muscular diminui a força muscular.

REFERÊNCIAS

- ADLER, S.S.; BECKERS, D., BUCK, M. **PNF: Método Kabat**; São Paulo: Manole, 1999
- ALTER, M.J. **Ciência da Flexibilidade**. 2. ed.; São Paulo: Artmed, 1999
- ANDERSON, D., BURKE, E.R.. Scientific, medical, and practical aspects of stretching. **Clinician and Sports Medicine**, n.10, p. 63-86,1991
- ARANTES, A. A. I. **Correlação entre pico de torque e parâmetros eletromiográficos na fadiga muscular em dinamometria isocinética**. 2003. 56 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP.
- BANDY, W.D., IRION, J.M., BRIGGLER, M. The effect of static stretch and dynamic range of motion training on the flexibility of the hamstring muscles. **Journal orthopaedic Sports Physical Therapy**, v.27, n.4, p.295-300, 1998
- BANDY, W.D., IRION, J.M., BRIGGLER, M. The effect of time and frequency of static stretch on flexibility of the hamstring muscles. **Physical Therapy**, v.77, p.1090-6, 1997
- BANDY, W.D., IRION, J.M.. The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles. **Physical Therapy**, v.74, n.9, p.845-850, 1994
- BIENFAIT, M. **As bases da fisiologia da terapia manual**. São Paulo: Ed. Summus, 2002
- BLACKBURN, J.T. et al. The relationships between active extensibility, and passive and active stiffness of the knee flexors. **Journal of electromyography and kinesiology**, v. 14, pp. 683-691, 2004.
- BROSSEAU, L. et al. Intra and intertester reliability and criterion validity of the parallelogram and universal goniometers for measuring maximum active knee flexion and extension of patients with knee restrictions. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v.82, n.3, p. 396-402, 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 the Applied Physiology**, v.86, p.428–434, 2002.

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

DE DEYNE, P.G.. Application of passive stretch and its implications for muscle fibers. **Physical Therapy**, v.81, n.2, p.819-827, 2001.

DE LUCA, C.J. The use of surface electromyography in biomechanics. **Journal of applied biomechanics**, v. 13, n. 2 p.135-163, 1997

FBT – **Federação Brasileira de Taekwondo**. Disponível em:
<<http://www.fbt.org.br>>. Acesso em: 07 out. 2006.

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

FORCINITO, M., EPSTEIN, M. HERZOG, W. A numerical study of the stiffness of a sarcomere. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 8, p.133-138, 1998.

FOWLES, J.R., SALE, D.G., MACDOUGALL, J.D. Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors. **Journal of Applied Physiology**, v.89, p.1179-1188, 2000.

GAJDOSIK, R.L. et al. Effects of an eight-week stretching program on the passive-elastic properties and function of the calf muscles of older women. **Clinical Biomechanics**. v.20, p.973–983, 2005

GUARATINI, M. I. **Confiabilidade e precisão da medida para teste-reteste no dinamômetro isocinético biodex**. 1999. 101f. Dissertação (Mestrado em fisioterapia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade federal de São Carlos – UFSCAR.

HALBERTSMA, J.P.K. et al. Repeated passive stretching: Acute effect on the passive muscle moment and extensibility of short hamstrings. **Archives Physical Medicine and Rehabilitation**, v.80, p. 407-414, 1999.

HALBERTSMA, J.P.K., BOLHUIS, A.I.V., GÖEKEN, L.N.H.. Sport stretching: Effect on passive muscle stiffness of short hamstrings. **Archives Physical Medicine and Rehabilitation**, v.77, p. 688-692, 1996.

HARTIG, D.E., HENDERSON, J.M. Increasing Hamstring Flexibility Decreases Lower Extremity Overuse Injuries in Military Basic Trainees. **The American Journal of Sports Medicine**, v.27, n.2, p. 710-716, 1999

HERZOG, W.; SCHACHAR, R.; LEONARD, T.R.. Characterization of the passive component of force enhancement following active stretching of skeletal muscle. **The Journal of Experimental Biology**, n. 206, p. 3635-3643, 2003.

KIM, J.Y. **Taekwon-do Textbook**. 2.ed.: Kukkiwon, 2006.

KLINGE K. et al. The effect of strength and flexibility training on skeletal muscle electromyographic activity, stiffness, and Viscoelastic stress relaxation response. **The American Journal of Sports Medicine**. v.25, p. 710-716, 1997

KNUDSON, D., NOFFAL, G. Time course of stretch-induced isometric strength deficits. **European journal of the applied physiology**, v.94, p.348–351, 2005

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

KUBO, K., KANEHISA, H., FUKUNAGA, T. Effects of resistance and stretching training programmes on the viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. **Journal of Physiology**, v. 538, n.1, p. 219-226, 2002

KUBO, K., KANEHISA, H., FUKUNAGA, T. Is passive stiffness in human muscles related to the elasticity of tendon structures? **European journal of the applied physiology**, v. 85, p. 226-232, 2001.

MAGNUSSON, S.P. et al. A biomechanical evaluation of cyclic and static stretch in human skeletal muscle. **International Journal of Sports Medicine**. n.19, p. 310-316, 1998

MAGNUSSON, S.P., AAGAARD, P., NIELSON, J.J.. Passive energy return after repeated stretches of the hamstring muscle-tendon unit. **The American Journal of Sports Medicine**, v.32, n.6, p.1160-1164, 2000

MAGNUSSON, S.P., SIMONSEN, E.B., AAGAARD, P. Biomechanical responses to repeated stretches in human hamstring muscle in vivo. **The American Journal of Sports Medicine**, n.24, p.622-628, 1996

MCHINNS, P.M. **Biomecânica do esporte e exercício**. Porto Alegre: Artmed 2002

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

MCHUGH, M.P. et al. The role of passive muscle stiffness in symptoms of exercise-induced muscle damage. **The american journal of sports medicine**, v. 27, n. 5, 1999.

POPE, R.P. et al. A randomized trial of preexercise stretching for prevention of lower-limb injury. **Medicine Science and Sports Exercise**, v. 32, n. 2, p.271–277, 2000.

SHRIER, I. Does Stretching Improve Performance? A Systematic and Critical Review of the Literature. **Clinician and Sports Medicine**, v.14,p.267–273, 2004

SHRIER, I., GOSSAL, K.. Myths and truths of stretching. **The Physician and Sportsmedicine**.; v.28, n.8, 2000.

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

SODERBERG, G.L., KNUTSON, L.M.. A guide for use and interpretation of kinesiologic electromyographic data. **Physical Therapy**, v.80, n.5, p.485-498, 2000.

STEGEMAN, D.F. et al. Surface EMG models: properties and applications. **Journal of electromyography and Kinesiology**, v.10, p.313-326, 2000.

SULLIVAN, M.K.; DEJULIA J.J.; WORREL T.W. Effect of pelvic position and stretching method on hamstring muscle flexibility. **Medicine Science and Sports Exercise**; v.24, n. 12, p. 1383-1389, 1992.

TAYLOR, D.C., DALTON, J.D., SEABER, A.V., et al: Viscoelastic properties of muscle-tendon units. The biomechanical effects of stretching. **The American Journal of Sports Medicine**, n.18, p. 300-309, 1990.

THACKER, S.B. et al. The Impact of Stretching on Sports Injury Risk: A Systematic Review of the Literature. **Medicine Science and Sports Exercise**., v. 36, n. 3, p. 371–378, 2004.

TSKBOVREBOVA, I., TRINICK, J. Flexibility and extensibility in the titin molecule: Analysis of electron microscope data. **Journal of molecular biology**, v. 310, p. 755-771, 2001.

WEIR, D.E., TINGLEY, J., ELDER, G.C.B. Acute passive stretching alters the mechanical properties of human plantar flexors and the optimal angle for maximal voluntary contraction. **European journal of the applied physiology**, v.93, p.614–623, 2005

WELDON, S.M., HILL, R.H. The efficacy of stretching for prevention of exercise-related injury: a systematic review of the literature. **Manual Therapy**, v.8, n.3, p. 141–150, 2003

WHITING, C. W. **Biomecânica da lesão musculoesquelética**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001

WITVROUW, E. et al. Muscle Flexibility as a Risk Factor for Developing Muscle Injuries in Male Professional Soccer Players. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 31, n. 1, 2003.

WITVROUW, E. et al. Stretching and Injury Prevention: An Obscure Relationship. **Sports Medicine**, v.34, n.7, p.443-449, 2004.

WOO, J. L. **Aprenda Taekwondo**. 2.ed. Vitória, ES.: Brasil-América,1988.

WORRELL, T.W., SMITH, T.L., WINEGARDNER, J.. Effect of Hamstring Stretching on Hamstring Muscle Performance. **Journal of Orthopaedics and Sports Physical Therapy**, v.20, n.3, p.155-159, 1994.

WTF – **World Taekwondo Federation**. Disponível em: <<http://www.wtf.org>>. Acesso em: 07 out. 2006

YANG, S. et al. Changes in muscle fibre type, muscle mass and IGF-I gene expression in rabbit skeletal muscle subjected to stretch. **Journal Anatomy**, v. 190, p. 613-622, 1997

YEH, C. Y.; TSAI, K. H.; CHEN, J. J. Effects of prolonged muscle stretching with constant torque or Constant angle on hypertonic calf muscles. **Archives Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 86, p. 235-241, 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, 2006.

ZAKAS, A. et al. Acute effects of stretching duration on the range of motion of elderly women. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 9, n. 4, pp. 270-276, 2005.

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.

ZEICHEN, J., GRIENSVEN, M.V., BOSCH, U.. The proliferative response of isolated human tendon fibroblasts to cyclic biaxial mechanical strain. **The American Journal of Sports Medicine**, v.28, n.6, p. 888-892, 2000.

ANEXO A – FICHA DE AVALIAÇÃO FÍSICA**FICHA DE AVALIAÇÃO FÍSICA****1 – Dados de Identificação:**

Nome: _____ Tel.: _____

Endereço: _____ Nº _____ Apto _____

Bairro: _____ Cidade: _____

Sexo () M () F – Estado Civil: _____ Nascimento: __/__/__ Idade _____

Dominância: _____ Altura: _____ Peso: _____ IMC: _____

Entrevistador: _____

Data da Entrevista: ____/____/200__

2 - Anamnese

1) Já foi acometido por qualquer alteração ortopédica em MMII e/ou coluna?

Sim () Não ()

Qual(is) / Quando / Como? _____

2) Realiza alguma atividade física regular?

Sim () Não ()

Qual(is) / Frequência / Intensidade?

3) Percebe algum desconforto na realização de atividades da vida diária onde percebe dever-se a encurtamentos dos IQT (Por exemplo, chutar uma bola no alto)?

Sim () Não () Qual(is) ?

4) Atualmente tem percebido qualquer alteração dolorosa em MMII e coluna?

Sim () Não ()

Qual(is) / Como se dá(ão)?

5) Atualmente está fazendo uso de alguma medicação?

Sim () Não () Qual(is)

3- Exame Físico

1)Amplitude de movimento:

	Membro Inferior Direito		Membro Inferior E	
Dia	Antes	Após	Antes	Após
___/___/___				

ANEXO B - FICHA DE PERCEPÇÃO DA INTENSIDADE DO ALONGAMENTO

- **NENHUMA SENSAÇÃO**
- **LIGEIRAMENTE DESCONFORTÁVEL**
 - **DESCONFORTÁVEL**
- **MUITO DESCONFORTÁVEL**

ANEXO C - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Universidade do vale do Paraíba – UNIVAP

"ESTUDO DOS EFEITOS DO ALONGAMENTO MUSCULAR DE LONGA DURAÇÃO EM ATLETAS DE TAEKWONDO"

Pesquisador: Rafael Molina Góis

Orientador: Prof Dr.Rodrigo Aléxis L. Osório

Instituição: Universidade do vale do Paraíba – UNIVAP

Endereço: Av. Shishima Hifumi, 2911 – Urbanova. São José dos Campos – SP

Telefone: (12) 3947-1000

1. O objetivo deste estudo é verificar os efeitos da técnica de alongamento muscular de longa duração dos músculos Isquiotibiais (IQT) (musculatura posterior da coxa) e sua influência na força muscular;
2. Este estudo será de suma importância a todos os fisioterapeutas, que utilizam esta técnica, aos pacientes que por algum motivo necessitam deste tipo de tratamento e atletas que utilizam esta técnica para melhora de seu rendimento;
3. Anteriormente ao procedimento de coleta o voluntário passará por uma avaliação prévia para verificar se o mesmo se enquadra nos critérios de inclusão e não se enquadra nos critérios de exclusão do estudo;
4. O procedimento de coleta consistirá de duas etapas:
1ª etapa: será coletado o sinal eletromiográfico (EMG) da contração isométrica voluntária máxima (CVM) dos isquiotibiais e do quadríceps para posterior normalização do sinal, para isso será solicitado ao voluntário 3 CVM, com intervalo de 5 segundos entre cada uma, dos IQT e posteriormente do quadríceps, então será considerado o maior valor das 3 contrações;

2ª etapa (24 horas depois da 1ª etapa):

- Perna não-dominante: EMG dos músculos Isquiotibiais e quadríceps da perna não-dominante, antes, durante e após a técnica de alongamento de 30 segundos da mesma. Avaliação da resistência oferecida por este músculo ao dinamômetro isocinético durante a extensão do joelho não-dominante, antes, durante e após o alongamento. Logo após será solicitado ao voluntário 3 CIVM dos IQT e posteriormente do quadríceps, então será considerado o maior valor das 3 contrações;
 - Perna dominante: EMG dos músculos IQT e quadríceps da perna dominante antes, durante e após a técnica de alongamento de 8 minutos da mesma. Avaliação da resistência oferecida por este músculo ao dinamômetro isocinético durante a extensão do joelho dominante antes, durante e após o alongamento, Logo após será solicitado ao voluntário 3 CIVM dos IQT e posteriormente do quadríceps, então será considerado o maior valor das 3 contrações;
5. O procedimento será realizado no laboratório de biodinâmica da faculdade de fisioterapia da UNIVAP;
 6. A participação neste estudo não lhe acarretará nenhum benefício terapêutico;
 7. Não há na literatura científica atual nenhum indício de risco ao voluntário neste procedimento, desde que respeitado os limites do mesmo;
 8. Durante a coleta em nenhum momento o voluntário sentirá dor, e sim apenas um desconforto na região posterior da coxa, que corresponde à sensação de alongamento muscular;
 9. Está livre para interromper a participação no ensaio a qualquer momento;
 10. Os resultados obtidos no ensaio serão mantidos em sigilo, sendo que sua identificação não será feita durante a exposição e publicação dos resultados;
 11. Se for de interesse do voluntário, o mesmo será informado sobre o andamento e resultados da pesquisa;
 12. Poderá contactar a secretaria da comissão de ética para reclamar ou apresentar recurso sobre a coleta;

13. É obrigação do voluntário não mentir sobre as perguntas realizadas pelo pesquisador, para que não seja enquadrado no estudo sem que realmente apresente as características necessárias para isso;
14. O voluntário não terá despesas para participar deste estudo, nem vai ter qualquer compensação financeira.

O abaixo assinado

RG

declara ser de livre e espontânea vontade a participação como voluntário deste projeto de pesquisa e também que os responsáveis pelo projeto explicaram todos os riscos envolvidos, a necessidade da pesquisa e se prontificaram a responder todas as questões sobre o experimento.

Fui devidamente esclarecido sobre as informações que li ou que foram lidas para mim do estudo a ser realizado.

Assinatura do voluntário

Assinatura do responsável

Data: ___/___/_____

ANEXO D - CARTA DE APROVAÇÃO PELO CEP



UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNIVAP

CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo n.º H007/2006/CEP, sobre “*Estudo dos efeitos do alongamento muscular de longa duração em atletas de Taekwondo*”, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Rodrigo Alexis L. Osório, está de acordo com os Princípios Éticos, seguindo as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos, conforme Resolução n.º 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e foi **aprovado** por esta Comissão de Ética em Pesquisa.

Informamos que o pesquisador responsável por este Protocolo de Pesquisa deverá apresentar a este Comitê de Ética um relatório das atividades desenvolvidas no período de 12 meses a contar da data de sua aprovação.

São José dos Campos, 13 de setembro de 2006

PROF. DR. LANDULFO SILVEIRA JUNIOR
Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa da Univap