

**UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA  
INSTITUTO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO**

**LEANDRA MONTEIRO DE PAIVA**

**ANÁLISE BIOMECÂNICA DOS EXTENSORES E FLEXORES DO JOELHO POR  
MEIO DO DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO EM PRATICANTES DE ARTES  
MARCIAIS**

São José dos Campos, SP  
2009

**LEANDRA MONTEIRO DE PAIVA**

**ANÁLISE BIOMECÂNICA DOS EXTENSORES E FLEXORES DO JOELHO POR  
MEIO DO DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO EM PRATICANTES DE ARTES  
MARCIAIS**

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

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Aléxis Lazo Osorio.

Orientador: Prof. Dr. Alderico Rodrigues de Paula Júnior.

São José dos Campos, SP  
2009

P169a

Paiva, Leandra Monteiro

Análise biomecânica dos extensores e flexores do joelho por meio do dinamômetro isocinético em praticantes de artes marciais. / Leandra Monteiro de Paiva; Orientadores: Prof. Dr. Rodrigo Aléxis Lazo Osorio; Prof. Dr. Alderico Rodrigues de Paula Júnior. São José dos Campos, 2009.  
1 disco laser, color

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba, 2009.

1. Dinamômetro 2. Biomecânica 3. Artes Marciais 4. Equilíbrio Muscular  
Boxing 5. Joelho I. Osorio Rodrigo Aléxis Lazo, II Júnior, Alderico  
Rodrigues de Paula. orient., III. Título

CDU: 796

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

Assinatura da aluna:



Data: 19/01/2009

## LEANDRA MONTEIRO DE PAIVA

### “ANÁLISE BIOMECÂNICA DOS EXTENSORES E FLEXORES DO JOELHO POR MEIO DO DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO EM PRATICANTES DE ARTES MARCIAIS”

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biomédica, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, SP, pela seguinte banca examinadora:

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

Prof. Dr. **RODRIGO ALEXIS LAZO OSORIO** (UNIVAP)

Prof. Dr. **ARISMAR CERQUEIRA SODRÉ JUNIOR** (UNICAMP)

Profª. Dra. Sandra Maria Fonseca da Costa

Diretor do IP&D – UniVap

São José dos Campos, 19 de janeiro de 2009.

Dedico aos meus pais, Luis Monteiro de Paiva e Regina da Glória Pinheiro Paiva, pelos conselhos, investimentos, e por não medirem esforços, estando sempre em busca da minha felicidade, ao meu marido Marcos Andrade de Oliva pela presença constante e aos meus professores por colaborarem no desenvolvimento deste trabalho.

*“Para tudo há um tempo, para cada coisa há um momento debaixo dos céus. Todas as coisas que Deus fez são boas, há seu tempo.” Eclesiastes 3*

## **Agradecimentos**

Primeiramente a DEUS, por me dar a vida, pelo seu amor sem fim, suprimindo todas as minhas necessidades e me proporcionando, hoje, a realização deste trabalho.

Aos orientadores Rodrigo Aléxis Lazo Osório e Alderico Rodrigues de Paula Júnior pela direção de todo o estudo, pela atenção.

Agradeço aos atletas de Taekwondo e de Kick Boxing, que tiveram paciência e deixaram de lado a vaidade contribuindo com esse estudo e ajudando nas coletas.

A minha amiga Susane Moreira Machado a qual estive sempre pronta a ajudar, com muita paciência e carinho.

A todos aqueles que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

# ANÁLISE BIOMECÂNICA DOS EXTENSORES E FLEXORES DO JOELHO POR MEIO DO DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO EM PRATICANTES DE ARTES MARCIAIS

## Resumo

As artes marciais Taekwondo e Kick Boxing utilizam o chute durante a competição. Sendo assim a articulação do joelho está em constante movimento e *stress*, esta é elaborada para dar mobilidade e estabilidade. A análise biomecânica em artes marciais busca compreensão e quantificação da sobrecarga mecânica imposta ao aparelho locomotor, para isso utilizamos a avaliação isocinética. Este estudo consiste na análise biomecânica dos extensores e flexores do joelho através do dinamômetro isocinético onde será verificada a relação agonista/antagonista do joelho na produção de torque utilizando a velocidade de 60°/s, e comparar o pico de torque na potência muscular dos atletas nas velocidades de 180°/s e 240°/s. Observou-se entre a musculatura agonista e antagonista do joelho, na velocidade de 60°/s, uma média de 51,02% para joelho esquerdo e 53,43% para o direito, no entanto há um equilíbrio entre os lados sem diferença significativa. Para o pico de torque na potência muscular dos atletas, nas velocidades de 180°/s e 240°/s, fizemos a comparação da velocidade de 180°/s com a velocidade de 240°/s comparando joelho esquerdo com esquerdo e direito com direito, flexores com flexores e extensores com extensores e observamos que os atletas de artes marciais avaliados apresentam-se dentro do padrão de torque e potência descrito na literatura quando realizaram o teste mantendo o padrão extensor mais desenvolvido.

**Palavras-chave:** Dinamômetro, Biomecânica, Artes Marciais, Equilíbrio Muscular.



# **BIOMECHANIC ANALYSIS OF EXTENSION AND FLEXORES OF THE KNEE BY OF DYNAMOMETER ISOKINETIC IN PRACTITIONERS OF MARTIAL ARTS**

## **Abstract**

The martial arts of Tae Kwan Do and Kick Boxing use the kick during competition. Therefore, the knee joint of the knee is in constant movement and stress and is articulated to give mobility and stability. The biomechanical analysis in martial arts searches for comprehension and quantification of the mechanical overload imposed on the locomotive apparatus. We used isokinetic evaluation. This study analysed the biomechanics of the extensors and flexors of the knee by means of the isokinetic dynamometer where the relation of the knee flexor/extensor will be verified in the torque production using the speed of 60/s and compare the peak of torque in muscle strength of the athletes in the speeds of 180°/s and 240°/s. One observed between the knee flexor/ extensor, in the speed of 60°/s a median of 51.02% for the left knee and 53.43% for the right, notwithstanding there is a balance between the sides without any significant difference. For the torque peak in the muscle strength of the athletes at the speeds of 180°/s and 240°/s, it has been compared the speed of 180°/s with 240°/s, comparing the left with left and right with right, flexoras with flexors and extensors with extensors and we observed that the martial arts athletes evaluated presented within the standard of torque and strength described in literature when doing the rtest maintaining the more developed extensor standard.

**Keywords: Isokinetic Dynamometer, Martial Arts, Torque, Muscle Balance**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Anatomia do Joelho (Magee, 1992).....	34
Figura 2: Atleta posicionado no dinamômetro para realização do experimento. ....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Equilíbrio muscular dos atletas (%).....	40
Tabela 2: Média e Desvio Padrão do equilíbrio muscular dos atletas.....	40
Tabela 3: Pico de torque dos extensores e flexores (180 <sup>0</sup> , 240 <sup>0</sup> Nm).....	41
Tabela 4: Pico de torque dos extensores e flexores (180 <sup>0</sup> , 240 <sup>0</sup> Nm).....	41

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Equilíbrio muscular dos atletas. ....	42
Gráfico 2: Média e Desvio Padrão do equilíbrio muscular .....	42
Gráfico 3: Média e Desvio Padrão dos flexores e extensores esquerdo nas velocidades angulares de 180 <sup>0</sup> e 240 <sup>0</sup> .....	43
Gráfico 4: Pico de Torque dos extensores de joelho (180 <sup>0</sup> e 240 <sup>0</sup> ).....	43
Gráfico 5: Pico de torque dos flexores de joelho (180 <sup>0</sup> e 240 <sup>0</sup> ). ....	44
Gráfico 6: Média e Desvio Padrão dos flexores e extensores direito nas velocidades angulares de 180 e 240. ....	44
Gráfico 7: Valor de significância para $p < 0.05$ *. ....	44

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TKD - Taekwondo  
KB - Kick Boxing  
%/s - Graus por segundo  
SNC - Sistema Nervoso Central  
SNP – Sistema Nervoso Periférico  
OTG – Órgão Tendinoso de Golgi  
ATP - Adenosina Trifosfato  
CL - Contração lenta  
CR - Contração rápida  
ms - Milisegundos  
Na<sup>+</sup> Íon de Sódio  
LIC – Líquido intracelular  
K<sup>+</sup> - Íon de Potássio  
LEC - Líquido extracelular  
Ca<sup>+2</sup> Íon de Cálcio  
ADP - Adenosina Disfosfato  
SI - Unidade Sistema Iternacional  
N - Newton  
m - Metros  
s - Segundos  
Kg – Kilograma  
J – Joule  
N-m - Newtons-metros  
W - Watts  
T - Torque  
F - Força  
r - Distância  
% - Porcentagem  
° - Graus  
LCM - Ligamento Colateral Medial

LCL - Ligamento Colateral lateral

LCA - Ligamento Cruzado Anterior

LCP - Ligamento Cruzado Posterior

cm - Centímetros

IMC - Índice de Massa Corpórea

MHz - Mega Hertz

D - Direito

E - Esquerdo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
2.1 BIOMECÂNICA .....	15
2.1.1 <i>Áreas de Estudo da Biomecânica</i> .....	16
2.1.2 <i>Dinamometria</i> .....	17
2.2 TAEKWONDO .....	19
2.3 KICK BOXING .....	19
2.4 CONTROLE DO MOVIMENTO .....	20
2.5 SISTEMA MUSCULAR .....	21
2.5.1 <i>Fibras Musculares</i> .....	22
2.5.2 <i>Contração Muscular</i> .....	23
2.5.3 <i>Fonte de Energia para Contração Muscular</i> .....	24
2.5.4 <i>Tipos de Contração e Trabalho Muscular</i> .....	25
2.6 GRANDEZAS FÍSICAS RELACIONADAS AO ESTUDO .....	26
2.6.1 <i>Força</i> .....	26
2.6.2 <i>Trabalho</i> .....	27
2.6.3 <i>Potência</i> .....	27
2.6.4 <i>Torque</i> .....	27
2.6.5 <i>Energia</i> .....	28
2.7 RELAÇÃO EQUILÍBRIO AGONISTA/ ANTAGONISTA .....	28
2.8 TREINAMENTO DE EXIGÊNCIA MOTORA .....	29
2.9 O JOELHO ANATOMIA E BIOMECÂNICA .....	31
<b>3 OBJETIVO .....</b>	<b>35</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>36</b>
4.1 AMOSTRAS .....	36
4.2 INSTRUMENTO .....	36
4.3 POSICIONAMENTO .....	37
4.4 PROCEDIMENTO .....	37
4.5 PROCEDIMENTO NO DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO .....	38
4.6 ANÁLISE DOS DADOS .....	38
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>40</b>
<b>6 DISCUSSÃO .....</b>	<b>45</b>
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>50</b>
<b>ANEXO A: COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA .....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXO B: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXO C: FICHA DE AVALIAÇÃO DOS ATLETAS .....</b>	<b>59</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Biomecânica é uma área da Física e da Engenharia, que lida com a análise das forças que agem sobre o corpo humano. Seja para a manutenção deste ou de uma estrutura em um ponto fixo, como a descrição e a causa do movimento do mesmo.

Assim, a cinesiologia deve ser capaz de aplicar leis e princípios básicos de mecânica a fim de avaliar as atividades humanas. Essa aplicação da mecânica cai nos domínios da Biomecânica que pode ser definida como aplicação da mecânica aos organismos vivos, tecidos biológicos, aos corpos humanos e animais.

O presente trabalho consiste em um estudo biomecânico dos extensores e flexores do joelho através da avaliação isocinética que tem sido utilizada nas últimas três décadas como método para se determinar o padrão funcional da força e do equilíbrio muscular, em praticantes de artes marciais. Temos a Arte marcial Coreana Taekwondo (TKD), que é uma modalidade olímpica, utiliza os pés e as mãos no combate, sendo seu predomínio com os membros inferiores (KIM, 2006). Por outro lado, Kick Boxing (KB) é uma Arte Marcial Americana de contato total, na qual se utiliza socos, chutes, joelhadas nas regiões da cabeça, tronco e pernas, (ZORELLO, 2008).

A Biomecânica é uma área relativamente antiga, a sua aplicação em artes marciais ainda é pouco utilizada. Muitos benefícios proporcionados pela arte marcial, tanto à saúde física quanto mental de seus praticantes, são conhecidos através dos tempos. Tendo em vista esses benefícios, hoje em dia alguns estudos sobre artes marciais estão sendo realizados. Os estudos biomecânicos das artes marciais buscam sua compreensão e quantificação, para que futuramente possibilitem que as artes marciais possam ser aplicadas largamente na preparação física de atletas de outras modalidades, bem como na terapia de pessoas com problemas motores ou portadores de alguma necessidade especial.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

A revisão desse estudo foi baseada em livros de Artes Marciais, Fisiologia, Fisiologia do Exercício, Biomecânica e sites de pesquisa do portal Capes, para fins de uma melhor compreensão do estudo analisado.

### **2.1 Biomecânica**

Definimos que a ciência que descreve, analisa, e modela o movimento dos sistemas biológicos é a biomecânica, logo uma ciência de relações altamente interdisciplinar dada à natureza do fenômeno investigado. Assim, a biomecânica do movimento busca explicar como as formas de movimento dos corpos de seres vivos acontecem na natureza a partir de parâmetros cinemáticos e dinâmicos (ZERNICKE, 1981).

Todo estudo biomecânico depende da determinação de grandezas mecânicas, que podem ser interpretadas como propriedades do corpo humano em análise comportamental, ou mesmo entendidas no processo de desenvolvimento como sendo passível à alterações. Medir uma grandeza física significa estabelecer uma relação entre esta e uma grandeza-unidade de mesma natureza. Padronizar procedimentos de medida em biomecânica torna-se uma tarefa difícil, pois o processo de coleta, armazenamento e digitação de dados depende muito dos avanços tecnológicos e das mudanças que ocorrem, o que nos impede de traçar técnicas definitivas. Essas mudanças ocorrem no sentido tanto da pesquisa básica do desenvolvimento de equipamentos e materiais, quanto nas aplicações da biomecânica (WOLTRING, 1992).

Conhecimentos científicos possibilitam o desenvolvimento de métodos para o estudo de fenômenos naturais, indispensáveis para a compreensão dos parâmetros que compõem o universo do movimento humano. A biomecânica interna investiga as forças que têm sua origem dentro do corpo e que na maioria dos casos pressupõem conhecimento da biomecânica externa. Portanto, com relação à aplicação da biomecânica para análise e investigação de movimentos do corpo humano e

conseqüentemente do movimento esportivo, poderíamos dividir em duas áreas de estudo: biomecânica interna e biomecânica externa.

A determinação de forças internas assume destacada relevância científica e tecnológica na análise biomecânica do movimento humano. A biomecânica interna se preocupa com as forças transmitidas pelas estruturas biológicas internas do corpo, tais como forças musculares, forças nos tendões, ligamentos, ossos e cartilagem articular.

Elas estão intimamente relacionadas com a execução dos movimentos e com as cargas mecânicas exercidas pelo aparelho locomotor, representadas pelo stress, que é o estímulo mecânico necessário para o desenvolvimento e crescimento das estruturas do corpo. A partir da análise dessas forças, importantes considerações acerca do controle do movimento e da sobrecarga mecânica imposta ao aparelho locomotor podem ser feitas, contribuindo de forma efetiva na busca de parâmetros de eficiência do movimento e/ou proteção do aparelho locomotor. As forças internas podem ser obtidas através de modelos físico-matemáticos aplicados ao corpo humano. Em função da simplificação da representação do aparelho locomotor, estes modelos permitem o cálculo dessas forças, a partir de variáveis oriundas da dinamometria, da cinemetria e da antropometria (AMADIO; DUARTE, 1996).

### **2.1.1 Áreas de Estudo da Biomecânica**

A Biomecânica é dividida em antropometria, a cinemetria, a eletromiografia e a dinamometria. (CARPENTER, 2005).

A antropometria preocupa-se em determinar características e propriedades do aparelho locomotor, como as dimensões das formas geométricas de segmentos corporais, distribuição de massa, posições articulares, entre outras.

A cinemetria consiste em um conjunto de métodos que busca medir os parâmetros “cinemáticos” do movimento a partir da aquisição de imagens durante a execução do movimento. Dessa forma, a cinemetria está interessada na descrição de como um corpo se move, e não se preocupando em explicar as causas desse movimento.

A eletromiografia é o método de registro da atividade elétrica de um músculo quando realiza a contração. Apresenta inúmeras aplicações para a anatomia e fisiologia, com o intuito de revelar a ação muscular em determinados movimentos e também para a



biomecânica, como base de identificação do equilíbrio de forças que estão atuando em um dado segmento.

A dinamometria consiste em avaliar a quantidade de força externa e, conseqüentemente interna, que estão atuando sobre um corpo, sendo de fundamental importância para a determinação do sentido do movimento. O presente trabalho utiliza um dinamômetro isocinético computadorizado.

### **2.1.2 Dinamometria**

A avaliação isocinética tem sido utilizada nas últimas três décadas como método para se determinar o padrão funcional da força e do equilíbrio muscular. Embora o termo isocinético tenha sido já definido em 1967, seu uso tornou-se mais expressivo nas últimas duas décadas. No nosso meio, a experiência tem sido crescente nos últimos 10 anos (HISLOP; PERRINE, 1967).

Um dinamômetro isocinético é um instrumento que controla a velocidade de um membro em movimento mantendo-o numa velocidade constante, enquanto ajusta máxima resistência à medida que a parte move-se em sua amplitude. O uso de um dinamômetro isocinético durante uma avaliação do controle motor permite ao terapeuta a monitorização de diversas características importantes do desempenho, incluindo a produção de torque, amplitude de movimento ou arco de excursão atingido, velocidade de movimento de tensão, e os intervalos de tempo entre a ação recíproca dos músculos. Assim o aparelho permite uma avaliação quantitativa do controle de torque, sincronização e ação muscular recíproca (O' SULLIVAN, 1993).

Atualmente, os equipamentos de dinamometria isocinética 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).

O aparelho isocinético é um dinamômetro eletromecânico com sistema servomotor, que atualmente se apresenta todo computadorizado. O indivíduo realiza um esforço muscular máximo ou submáximo que se acomoda à resistência do aparelho. Este se caracteriza por possuir velocidade angular constante, permitindo realizar

movimento na sua amplitude articular. A força exercida pelos grupos musculares varia durante o arco de movimento, devido ao seu braço de alavanca que se altera conforme a amplitude do movimento. Tem-se, então, o chamado momento angular de força ou torque. A resistência oferecida também é variável conforme a força realizada em cada ponto da amplitude articular. Mas a velocidade angular é sempre constante, em graus por segundo ( $^{\circ}/\text{seg}$ ), definidos previamente pelo examinador (PUHL; et al, 1988).

O aparelho isocinético é um recurso valioso, podendo ser indicado tanto para a avaliação do equilíbrio funcional muscular, como também para a reabilitação das lesões do aparelho locomotor. As articulações incluídas no exame são ombros, joelhos, tornozelos, quadris, cotovelos, punhos e também a coluna vertebral (PUHL; et al, 1988).

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 movem 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.

As indicações para o exame referem-se ao estudo da proporção do equilíbrio muscular agonista/antagonista e na diferença entre os grupos musculares agonistas de um lado comparado ao seu lado contralateral. Nas contra-indicações para sua realização encontram-se os acometimentos dolorosos com ou sem processo inflamatório clínico evidente, tempo insuficiente para um processo de reparação tecidual, e descompensações do sistema cardiorespiratório, como hipertensão arterial não controlada, angina, arritmia. A limitação da amplitude de movimento torna-se uma contra-indicação relativa, pois não se obtém resultados ideais comparando-se lados com amplitudes de movimento diferentes (SHINZATO; et al, 1996).

## **2.2 Taekwondo**

Taekwondo 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, do, que significa o caminho, a arte, o método, a filosofia (KIM, 2006).

O combate ensina a humildade, a coragem, a vigilância, o espírito imbatível, a faculdade de adaptação e o autocontrole. As posições próprias ensinam flexibilidade, equilíbrio e coordenação de movimentos, enquanto que os exercícios fundamentais ajudam a desenvolver a precisão, os princípios e os objetivos (WOO, 1988). Taekwondo 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, 2008).

O Taekwondo é um esporte para todo o físico, porque nele se movimentam todos os músculos e articulações do corpo humano. As pessoas se dedicam a um determinado esporte em razão de se adaptar a várias necessidades do meio ambiente, com o objetivo de preservar a vida, porque as pessoas amam a vida (BARROS, 2006).

Quando se pratica Taekwondo, geramos energia em todas as partes do corpo, desenvolvendo músculos e cérebro, despertando o desejo de agir. O homem não se satisfaz apenas em sobreviver, deseja viver bem e com saúde. Esta é a razão pela qual o Taekwondo cultiva este desejo pela combinação de atividades físicas, ou seja, por meio de um complexo de posturas extremamente interligadas de atitudes sistemáticas e científicas, que movimentam todas as partes do corpo. Portanto, o Taekwondo transformou-se em elemento essencial para preservar e manter a ordem das funções humanas (KIM, 2006).

## **2.3 Kick Boxing**

Kick Boxing é um desporto de combate recorrendo aos punhos e às pernas. O Kick Boxing tem origem no full contact, no qual os pugilistas masculinos combatem em tronco nu, descalços e usam calções de boxe. As pugilistas femininas por vezes usam

um top e calção. O Kick Boxing tem um estilo muito independente, mas sendo as regras iguais a outras artes marciais pode haver competições entre elas.

Na década de 70, nos Estados Unidos, quando os Karatecas tradicionais estavam cansados das competições que não permitiam um contato pleno, começaram a adaptar protetores de pé e mão para que os contatos fossem permitidos, com pouco risco de lesão surgindo então o Kick Boxing. (ZORELLO, 2003).

O nome de “Karate Full Contact” apareceu com o passar dos tempos, fez com que aqueles mesmos atletas comessem a entender que aquela modalidade era um outro tipo de luta, que não tinha semelhanças com o “Karate de Competição”. Recebeu então o nome de “Full Contact”, que traduzia muito mais o espírito do novo esporte. Dominique Valera, um dos maiores nomes do Karate Mundial de todos os tempos, começou a treinar a modalidade nos Estados Unidos com Bill Wallace e Jeff Smith. No seu retorno à Europa, reestruturou o esporte, chamando-o de Kick Boxing, isto é: chutar boxeando (LEITE, 2008).

Kick Boxing é praticado em mais de 100 Países nos cinco continentes, tendo como sua maior sigla a WAKO (Associação Mundial de Kick Boxing). O GAIFS, entidade mundial que aprova novos esportes para as Olimpíadas, reconheceu no ano de 2006, o Kick Boxing como novo esporte olímpico, podendo fazer parte das Olimpíadas de 2012. No ano de 2007, o Kick Boxing participou dos jogos Africanos e dos jogos Asiáticos (iguais aos Pan-Americanos) e em 2011 em Guadalajara no México, o Kick Boxing fará sua estréia como o mais novo esporte nos JOGOS PAN-AMERICANOS (ALVES, 2008).

## **2.4 Controle do Movimento**

O comportamento motor evolui a partir de um complexo conjunto de processos neurológicos e mecânicos que determinam à natureza dos movimentos (O’SULLIVAN, 1993).

O sistema de comando estabelece uma seqüência relacionada ao processo de ativação de centros nervosos para o controle do movimento. Esta seqüência de ativação dos padrões musculares pode modificar-se em função de respostas do sistema sensorial periférico, do controle articular ou mesmo por ação de outros receptores. A interação

entre o sistema nervoso central (SNC), sistema nervoso periférico (SNP) e o sistema músculo-esquelético definem a base de funcionamento e comando do movimento, que tem por pressuposto um modelo constituído, fundamentalmente segundo o princípio causa e efeito (VAUGHAN et al, 1992).

O sistema nervoso central controla a contração muscular, seja para produzir um movimento delicado, grosseiro ou simplesmente manter a postura, faz parte da sua característica individual. É esperado que o indivíduo, que não apresente alterações neurológicas ou músculo-esquelética seja capaz de produzir a quantidade de força exigida para realizar o movimento desejado (LEHMKUHL; SMITH, 1989).

No controle do movimento, o sistema músculo-esquelético necessita de pelo menos duas espécies de receptores sensoriais: (1) proprioceptores, que detectam estímulos gerados do próprio meio (fusos musculares, órgão tendinoso de Golgi “OTG”) e (2) exteroceptores que detectam estímulos externos (ouvidos, olhos e os receptores da pele), (ENOKA, 2000).

## **2.5 Sistema 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 função 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).

### 2.5.1 Fibras Musculares

O sistema muscular é constituído por dois tipos básicos de fibra: (1) fibras lisas, encontradas basicamente nas vísceras e vasos sanguíneos, são de contração involuntária e ligada à vida vegetativa e (2) fibra estriada: de contração involuntária - são as encontradas no miocárdio, de contração voluntária - subordinadas à vontade, realizam os movimentos exteriores. São chamadas fibras volitivas ou músculos esqueléticos (DANTAS, 2003).

O diâmetro das fibras musculares varia de 10 a 80 micrômetros, sendo praticamente invisíveis a olho nu. Cada fibra muscular é innervada por um nervo motor simples, o qual termina próximo do meio da fibra muscular. Um nervo motor simples e todas as fibras musculares que ele inerva são coletivamente denominados unidade motora. A sinapse, ou a fenda, entre um nervo motor e uma fibra muscular é denominada junção neuromuscular. É nesse local que ocorre a comunicação entre os sistemas nervoso e muscular. (GUYTON, 1998).

Cada fibra muscular é composta de várias miofibrilas, sendo que, cada uma destas, é agrupada em série que representam à 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 trifosfato de adenosina (ATP) (ALTER, 1999).

Esses filamentos vão constituir o sarcômero, a unidade contrátil do músculo esquelético que se repete ao longo do comprimento das miofibrilas, dando o aspecto estriado a elas. Os filamentos delgados, compostos pela actina, troponina, tropomiosina, formam a banda I e os filamentos espessos, constituídos por miosina e titina, formam a banda A. A banda A é subdividida ao meio por uma região clara chamada de banda H, que tem como principal componente a enzima creatina-quinase, a qual catalisa a formação do adenosina trifosfato a partir do fosfato creatina e do adenosina difosfato. Ainda existe a linha M no centro da banda H e os filamentos delgados que estão inseridos em cada lado da linha Z, nas extremidades do sarcômero (WERNER et al, 2005).

Os músculos são constituídos por diferentes tipos de fibras musculares: as fibras do tipo I (vermelhas de contração lenta), e as do tipo II (brancas de contração rápida) (FOSS; KETEYIAN, 2000). Sendo assim, as fibras de contração lenta (CL) têm um predomínio aeróbio, enquanto as do tipo de contração rápida (CR) são anaeróbias (MCARDLE; KATCH; KATCH, 1998). As fibras de contração lenta levam aproximadamente 110ms (milissegundos) para atingir a tensão máxima quando estimulada. As fibras de contração rápida, por outro lado, podem atingir a tensão máxima em cerca de 50ms. (GUYTON, 2002).

Na extremidade de cada fibra muscular, o sarcolema funde-se com o tendão, o qual se insere no osso. Os tendões são constituídos por cordões fibrosos de tecido conjuntivo que transmitem a força gerada pelas fibras musculares aos ossos e, conseqüentemente, criam o movimento (GUYTON, 1998).

### **2.5.2 Contração Muscular**

A contração de um músculo resulta do encurtamento de suas fibras, o que por sua vez resulta do encurtamento dos filamentos de actina e miosina, que ativamente deslizam e se encaixa um entre o outro (KISNER; COLBY, 1998).

Na célula muscular em repouso existe um mecanismo de transporte ativo de íons que retira sódio ( $\text{Na}^+$ ) do líquido intracelular (LIC) colocando-o para fora de cada fibra muscular e, em contrapartida, carreando potássio ( $\text{K}^+$ ) do líquido extracelular (LEC) para dentro do sarcoplasma. Este mecanismo, chamado bomba de sódio potássio e os demais processos de equilíbrio eletrolítico. A polarização positiva da parte externa do sarcolema faz com que os íons de cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) armazenados no retículo sarcoplasmático por sua polaridade, também positiva, sejam repelidos e permaneçam estocados nas vesículas externas ou cisternas de cálcio (DANTAS, 2003).

A contração das fibras musculares esqueléticas é comandada por nervos motores, que se conectam com os músculos através das placas motoras ou junções mioneurais. Com a chegada do impulso nervoso, ocorre liberação de acetilcolina na fenda sináptica, que através da interação com seus receptores faz o sarcolema ficar mais permeável ao sódio, o que resulta em sua despolarização (WILLIAM D, 2002).

Para que haja então a contração muscular, um potencial de ação dirige-se ao longo de um nervo motor, até suas terminações nas fibras musculares, em cada terminação o nervo secreta pequena quantidade da substância neurotransmissora acetilcolina. Esta atua sobre a área localizada da membrana da fibra muscular, para abrir múltiplos canais regulados pela acetilcolina, através de moléculas protéicas que flutuam na membrana, estes canais abertos fazem com que grande quantidade de íons sódio flua para o interior da membrana da fibra muscular, gerando um potencial de ação que se propaga ao longo da membrana da fibra muscular do mesmo modo que os potenciais de ação se propagam ao longo das membranas neurais, o potencial de ação despolariza a membrana celular e parte também se propaga para dentro da fibra muscular induzindo o retículo sarcoplasmático a liberar grande quantidade de íons cálcio que vão gerar forças atrativas entre os filamentos de actina e miosina gerando o processo contrátil. Sendo cessada com a remoção dos íons cálcio das miofibrilas (GUYTON, 2002).

Durante a contração muscular, o músculo encurta cerca de um terço de seu comprimento original. Entretanto, é importante lembrar que o comprimento dos filamentos espessos e delgados não se altera durante a contração muscular, eles simplesmente deslizam uns sobre os outros, diminuindo, dessa forma, o comprimento do sarcômero (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2002).

### **2.5.3 Fonte de Energia para Contração Muscular**

A ação muscular é um processo ativo que exige energia. Além do sítio de ligação com a actina, uma cabeça de miosina contém um sítio de ligação para adenosina trifosfato. A molécula de miosina tem de se ligar a adenosina trifosfato para que ocorra a ação muscular, pois a adenosina trifosfato fornece a energia necessária (WERNER et al, 2005).

A interação entre actina e miosina em qualquer sítio disponível continuará enquanto suficientes quantidades de adenosina trifosfato estiverem disponíveis como combustível para mover a miosina e enquanto os sítios de ligação nas moléculas de actina permanecerem desbloqueados (ROBINSON, 2001).

Essa energia provinda da adenosina trifosfato é a única fonte de energia utilizada para as atividades contráteis; entretanto, seus estoques são muito baixos, menos de 2



segundos. Desse modo, percebe-se a importância de uma regeneração extremamente rápida de adenosina trifosfato, a fim de que se consiga manter o processo contrátil. Esse restabelecimento das concentrações de adenosina trifosfato pode ser ocasionado por três mecanismos: interação da creatina fosfato com o adenosina difosfato (ADP); glicólise e fosforilação oxidativa (WILLIAM D. et al, 2002; GUYTON, 2002).

#### **2.5.4 Tipos de Contração e Trabalho Muscular**

O músculo é composto de elementos elásticos e contráteis. Dependendo da contração muscular, pode-se contrair ou estirar os elementos envolvidos.

A contração isométrica também chamada estática há contração dos elementos contráteis, mas os elásticos são estirados, ainda que exteriormente seja possível constatar um encurtamento do músculo, contração isotônica ou dinâmica os elementos contráteis do músculo são contraídos, mas os elásticos não modificam seu comprimento gerando um encurtamento dos músculos e temos também a contração muscular autotônica que é a combinação das solicitações isométricas com a isotônica. É a forma mais freqüente no domínio esportivo. (WEINECK, 1989).

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. A palavra isotônica é derivada do grego isos, igual, e tônus, tensão (ALTER, 1999; SMITH; et al, 1997).

No trabalho muscular a atividade concêntrica permite, através de um encurtamento muscular, mover o peso do próprio corpo ou pesos exteriores, ou superar resistências, nesta a força muscular é maior que a resistência, no excêntrico a característica é um aumento longitudinal do músculo, que produz um efeito ativo contrário que intervém no amortecimento de saltos e na preparação de movimentos. No estático ou isométrico a contração muscular exclui o encurtamento e serve para fixação de posições determinadas do corpo ou das extremidades, a contração autotônica caracteriza-se por elementos do tipo impulsor, frenador ou estático que é utilizado para desenvolver a força sem aumentar o corte transversal, o isocinético ou acomodativo é

uma resistência adaptada à força muscular utilizada, resistência esta diretamente proporcional ao desenvolvimento da força por espaço de tempo. Por fim temos a atividade pliométrica ou reativa que é passagem do trabalho muscular excêntrico para o concêntrico, estimula o reflexo miotático (WEINECK, 1989).

## **2.6 Grandezas Físicas relacionadas ao estudo**

Utilizamos as grandezas físicas para expressar as leis da física. Ao definirmos uma grandeza estabelecemos uma série de procedimentos para medir esta grandeza e atribuir-lhe uma unidade (BYRON; FULLER, 1992).

### **2.6.1 Força**

De acordo com a segunda lei de Newton, força é algo que tem a habilidade de acelerar um objeto. Portanto, 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; et al, 1997; MCGINNS, 2002).

A capacidade de um indivíduo para desenvolver força depende de fatores estruturais ou relacionados com a composição do músculo, nervosos relacionados às unidades motoras, hormonais e relacionados com o ciclo alongamento-encurtamento (BADILLO; AYESTARÁN, 2000).

Força muscular é uma expressão que tem sido utilizada para definir a capacidade de um músculo esquelético produzir tensão, força e torque máximos, a uma dada velocidade. A tensão gerada pelo músculo tende a provocar alguma mudança em seu comprimento, e conseqüentemente alteração dos ângulos articulares, possibilitando assim o movimento (ALBERT, 1995).

### 2.6.2 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 1 Newtons-metros (Nm) (MCGINNS, 2002).

Quanto menor for a velocidade selecionada para o teste, maior será a quantidade de trabalho realizada (JOCOPY, 2003).

### 2.6.3 Potência

A medida do trabalho (Joule) dividido pelo tempo (segundos), apresentado na unidade Watts (W). Quanto maior for a velocidade angular selecionada, maior será a potência medida (AMATUZZI et al, 2004).

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 (MCGINNS, 2002).

A potência que um músculo pode produzir depende de quão rapidamente a energia é usada para realizar trabalho. A principal fonte de energia para o músculo é a energia química (adenosina trifosfato) (HALL, 2000).

### 2.6.4 Torque

Torque ou momento de força é sinônimo, e são utilizados indiscriminadamente na literatura. Um torque não é uma força, mas meramente a efetividade de uma força para causar uma rotação. Torque é definido, como tendência de uma força para causar rotação sobre o eixo específico. Qualquer discussão sobre torque precisa ser com referência a um eixo específico. Matematicamente, torque é:  $T = F * r$ , onde T é o torque, F é a força aplicada em Newtons, e r é a distância perpendicular, em metros, da linha de ação da força até o ponto pivô (HAMILL; KNUTZEN, 1999).

O torque e a velocidade angular de movimento são grandezas inversamente proporcionais, ou seja, quanto menor a velocidade angular realizada, maior será o torque; quanto maior a velocidade, menor o torque (DAVIES, 1992).

Como torque é o produto de uma força, com unidade de Newtons, e uma distância, com unidade de metros, o torque possui unidade de Newtons-metros. A distância  $r$  é denominada braço de momento de força. Se a força age diretamente sobre o ponto pivô ou o eixo de rotação, o torque é zero, porque o braço do momento será zero independentemente de quão grande seja a força. Nesse caso, ocorrerá um movimento de translação puro. Como a força não é aplicada por meio do ponto pivô, entende-se que o torque resulta de uma força excêntrica ou literalmente uma força de fora do centro. A força excêntrica causa primariamente rotação, e também causa translação (HAMILL; KNUTZEN, 1999).

### **2.6.5 Energia**

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).

### **2.7 Relação Equilíbrio agonista/ antagonista**

Agonista é um músculo ou grupo muscular que ao contrair-se é considerado o principal músculo responsável pelo movimento articular ou pela manutenção de uma determinada postura e antagonista é um músculo que possui ação anatômica oposta a do

agonista. Normalmente não está se contraindo e não auxilia ou resiste ao movimento (SMITH; et al, 1997).

Uma simples divisão entre o valor do agonista e do antagonista, seja relacionada ao pico de torque, potência ou a força máxima, expresso em porcentagem pode nos fornecer o grau de equilíbrio do atleta, deste modo, representa a proporção entre os grupos antagonistas/agonistas. Mostra-se útil nos indivíduos que tiveram lesão do aparelho locomotor. Por exemplo, no joelho a relação entre o pico de torque dos flexores/extensores está por volta de 60%. Portanto, a diferença entre os extensores (mais fortes) e os flexores (mais fracos) é de 40% (TERRERI; et al, 1999).

A relação entre agonista/antagonista é uma forma adequada para saber se existe proporção e conseqüentemente o equilíbrio muscular. Na literatura, os relatos a respeito da relação flexora/ extensora nos joelhos sem lesão variam normalmente entre 55% e 77% (GRACE; et al; 1984; HALIRAINEM; et al; 1995).

## **2.8 Treinamento de exigência motora**

Existem duas formas de exigência motora:

- Qualidade em que predomina a condição física (resistência, força, velocidade);

**Resistência:** A resistência psíquica contém a capacidade do esportista de resistir por longo tempo a um estímulo que provocaria o término de uma carga, ao passo que a resistência física consiste na capacidade de todo o organismo ou de sistemas parciais resistirem à fadiga (DENADAI, 2000).

**Força:** A força de explosão compreende a capacidade que o sistema neuromuscular tem de superar resistência com maior velocidade de contração possível. Todos os treinamentos de força explosiva devem ser considerados um complemento dos de força máxima; isto é, uma vez conseguido o nível ótimo de força máxima, é necessário que sua aplicação ou manifestação no gesto esportivo seja produzida no menor tempo possível (BADILLO; AYESTARÁN, 2000).

Velocidade: manifesta-se na possibilidade do atleta executar as ações motoras, no menor tempo possível, em determinado percurso. Deve-se distinguir a compreensão da “capacidade de velocidade” da compreensão da capacidade de “rapidez”. A rapidez representa apenas um dos componentes determinantes da capacidade de velocidade do atleta. Geralmente distinguem-se duas formas principais de manifestação da rapidez: rapidez da reação motora que compreende reações motoras simples e complexas; rapidez dos movimentos que pode se manifestar tanto no movimento único como no movimento repetido várias vezes. No último caso, costuma-se falar de frequência (ou ritmo) dos movimentos (ZAKHAROV, 2003).

- 2. Qualidade em que predomina a coordenação (mobilidade, coordenação).

Mobilidade: é a capacidade e qualidade que o atleta tem de executar movimentos de grande amplitude angular por si mesmo ou sob a influência auxiliar de forças externas. Os exercícios de alongamento podem manter ou aumentar a flexibilidade, sendo assim aplicados para prevenir encurtamentos teciduais melhorando o desempenho muscular, o que contribui também para o treinamento da força e potência muscular (ARRUDA et al, 2006).

Coordenação: Nos movimentos motores multiarticulares complexos relacionados com a mudança da posição no espaço ou no sentido de seu deslocamento, bem como na passagem de uma ação para outra, será mais complicada a estrutura de coordenação da atividade muscular. Elas habilitam o atleta em condições de dominar segura e economicamente ações motoras nas situações previsíveis (estereótipos) e imprevisíveis (adaptações) e a aprender, relativamente depressa, movimentos esportivos. (WEINECK, 1989).

Como esses dois grupos de qualidade se correlacionam de forma bastante estreita, sobretudo no que se refere à velocidade, esse tipo de divisão parece um tanto arbitrário.

Entretanto, não deixa de ser uma divisão lógica, pois as qualidades dependentes da condição física baseiam-se, sobretudo em processos energéticos, e as qualidades de coordenação, sobretudo em processos de orientação e de controle com sede no SNC.

Na prática esportiva, raramente as qualidades referentes à condição física aparecem em forma pura. A qualidade que depende da condição física representa, em termos gerais, a base material para as qualidades de coordenação (WEINECK, 1989).

## **2.9 O Joelho Anatomia e Biomecânica**

A articulação do joelho é elaborada para dar mobilidade e estabilidade; ela alonga e encurta funcionalmente o membro inferior para elevar e abaixar o corpo ou para mover o pé no espaço. Junto com o quadril e o tornozelo, ela suporta o corpo quando o indivíduo está em pé, e é uma unidade funcional primária para atividades de andar, subir e sentar (KISNER; COLBY, 1998).

A articulação do joelho é composta pela articulação tibiofemural, tibiofibular superior e pela articulação patelofemoral. Sendo esta uma articulação diartrodial tipo gínglimo, possui amplitude de movimento ativo de flexão 0-135°, extensão 0-10°, rotação tibial interna 0-30° e rotação externa 0-40°. Possui estabilidade devido aos seus ligamentos (medial, lateral, anterior, posterior, rotação) citaremos os principais ligamentos (WALLACE; MANGINE; MALONE, 1997).

Os colaterais são particularmente importantes na estabilidade medial e lateral do joelho. A cápsula circunvizinha também pode ser dividida em zonas estratégicas, entre os ligamentos colaterais; três zonas são importantes para a estabilidade rotacional do joelho. Os ligamentos cruzados estão localizados no centro da articulação do joelho e são importantes para a estabilidade ântero-posterior e rotacional do joelho (TRIA et al, 2002).

O ligamento colateral medial (LCM) encontra-se tenso na extensão total, começa a relaxar entre 20° e 30° de flexão, passando a ficar novamente sob tensão entre 60° e 70° de flexão. Seu principal objetivo é proteger o joelho contra estresses em valgo ou que levam o joelho em rotação externa. Este ligamento costuma ser considerado o estabilizador principal do joelho, na posição valga, quando combinada com a rotação. O ligamento colateral lateral (LCL) (fibular) é uma corda fibrosa e arredondada, do tamanho aproximado de um lápis. Está inserido no epicôndilo lateral do fêmur e à cabeça da fibula. O ligamento colateral lateral atua com a banda iliotibial, o tendão poplíteo, o complexo do ligamento arqueado e os tendões do bíceps, a fim de dar

suporte ao aspecto lateral do joelho. Este ligamento está sob constante tensão e sua configuração espessa e firme é bem projetada para suportar esse estresse constante. O ligamento colateral lateral se encontra tenso durante a extensão do joelho, porém relaxado durante a flexão (PRENTICE; et al, 2002)

O ligamento cruzado anterior (LCA) é uma das estruturas ligamentares cruzadas do joelho, formada por dois feixes importantes: um antêro-medial e outro pósterolateral. Este ligamento é intra-articular (dentro da cápsula), porém é extra sinovial e provê restrição primária do movimento anterior da tíbia em relação ao fêmur. A sinóvia do joelho reveste os dois ligamentos cruzados, isolando-os do líquido sinovial (HAMILL; KNUTZEN, 1999; TRIA; et al, 2002).

O ligamento cruzado posterior (LCP) oferece restrição primária para o movimento posterior da tíbia sobre o fêmur, sendo responsável por 95% da resistência total a esse movimento. O ligamento diminui em comprimento e relaxa cerca de 10% com 30° de flexão, mantendo seu comprimento. É coberto por sinóvia, assim como o ligamento cruzado anterior, no entanto, está intimamente associado à cápsula posterior à medida que ele desce a partir do côndilo femoral. Este ligamento é menos suscetível a lesão vascular que o ligamento cruzado anterior, isto devido sua ampla inserção distal e sua íntima proximidade com a cápsula, gerando um aporte sanguíneo mais generoso (HAMILL; KNUTZEN, 1999; TRIA; et al, 2002).

Do ponto de vista mecânico, a articulação do joelho é um caso surpreendente, visto que é capaz de resolver estas contradições biomecânicas e anatômicas, graças a dispositivos mecânicos extremamente sofisticados. Contudo, como suas superfícies possuem um encaixe frouxo, condição necessária para uma boa mobilidade, está mais sujeita a algumas lesões (KAPANDJI, 2000).

Os meniscos são bem definidos. São discos fibrocartilagosos em forma de lua crescente e interposto entre os côndilos femorais e platôs tibiais. Sendo que, ao redor de suas circunferências existe uma proliferação de vasos sanguíneos (o que torna possível somente cicatrização da estrutura) e suas inserções encontram-se na cápsula e nos ligamentos cruzados. Porém, são avasculares na sua porção interna, de modo que quando ocorre uma ruptura, a cicatrização é difícil, porém estudos recentes provam que a mesma não é impossível (SILISKI, 2002).

Estruturas capsulares, são espessamentos localizados entre os principais ligamentos e a porção posterior do joelho, somam-se ao controle rotacional da articulação. A cápsula é uma estrutura grande, reforçada por numerosos ligamentos e



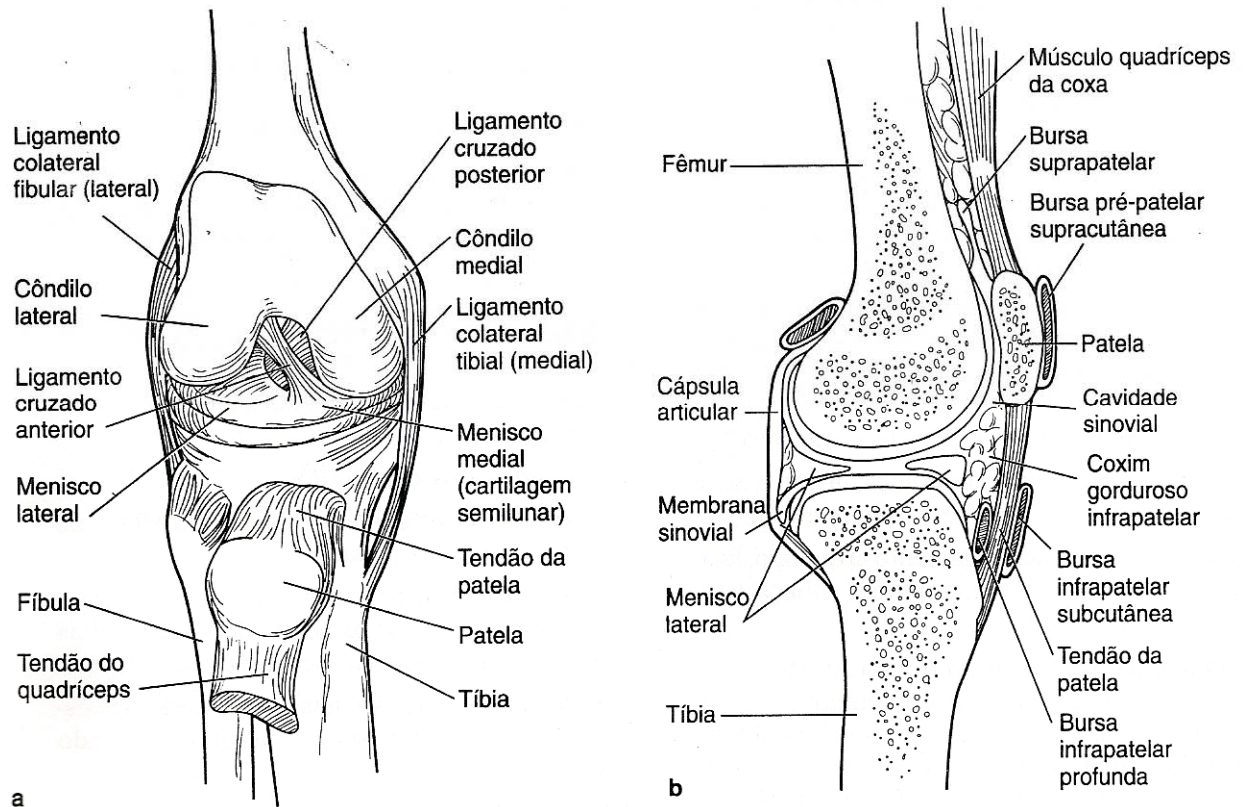
músculos, incluindo o ligamento cruzado medial, ligamento cruzado anterior e ligamento cruzado posterior e o complexo arqueado. Na frente, a cápsula forma uma grande bolsa que oferece uma área patelar ampla e é preenchida com tecido adiposo infra-patelar e a bolsa infra-patelar (HAMILL; KNUTZEN, 1999).

A patela é um osso sesamóide, que se caracteriza pelo seu desenvolvimento dentro de um tendão, neste caso o do músculo quadríceps. A patela protege a face anterior da articulação do joelho e atua como um tipo de polia mudando o ângulo de inserção do ligamento da patela na tuberosidade da tíbia, aumentando a vantagem mecânica do músculo quadríceps (RASCH; VASCONCELOS, 1991).

Para que o joelho execute sua função adequadamente, uma série de músculos deve trabalhar em conjunto com todas essas estruturas ósseas, ligamentares e capsulares, de forma altamente complexa:

A flexão do joelho é executada pelos músculos bíceps femoral, semitendinoso, semimembranoso, grácil, sartório, gastrocnêmio, poplíteo e plantar. Além de fletirem o joelho o semitendinoso e o semimembranoso, giram medialmente a tíbia quando o joelho está parcialmente fletido, já os músculos gastrocnêmio e plantar, apesar de atuarem na flexão, são utilizados potencialmente pela articulação do tornozelo. A extensão e também rotação medial da tíbia (secundariamente, devido sua inserção medial) é realizada pelo quadríceps, composto pelo vasto medial, lateral e intermédio e reto femoral, que é o único músculo destes quatro que atua em mais de uma articulação (KISNER; COLBY, 1998).

A rotação externa da tíbia é controlada pelo bíceps femoral, sendo que a anatomia óssea também produz a rotação externa tibial, à medida que o joelho move-se para extensão. A rotação interna é realizada pelo músculo poplíteo, semitendinoso, semimembranoso, sartório e grácil, sendo que este último também tem função adutora e o sartório auxilia na flexão de quadril. Porém, a rotação interna é limitada e ocorre apenas quando o joelho se encontra em flexão. A banda ilíotibial merece destaque, pois atua primariamente como estabilizador dinâmico lateral (PRENTICE, 2002; RASCH; VASCONCELOS, 1991).



**Figura 1: Anatomia do Joelho (MAGEE, 1992).**

### **3 OBJETIVO**

Este estudo tem como objetivo analisar em praticantes de artes marciais (Taekwondo e Kick Boxing), por meio da dinamometria isocinética, a participação dos grupos musculares agonista/antagonista do joelho na produção do torque na velocidade angular de 60°/s, e comparar o pico de torque na potência muscular dos atletas, nas velocidades de 180°/s e 240°/s.

O presente estudo visa contribuir para o desenvolvimento técnico do atleta, impedindo futuras lesões musculares nos treinamentos e competições.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais e métodos desse estudo foram de acordo com as necessidades de ampliar os conhecimentos sobre o equilíbrio muscular de diferentes artes marciais, as quais utilizam o chute na competição.

### 4.1 Amostras

Neste estudo foram avaliados 10 atletas do sexo masculino, com idade média de  $17.2 \pm 3$  anos, altura  $1.77 \pm 10$  cm, peso  $67 \pm 10$ kg e  $21.7 \pm 3$  IMC e a média do tempo de treinamento variando de  $5 \pm 4$  anos, onde avaliou-se bilateralmente o membro inferior. Esses indivíduos não possuíam qualquer lesão músculo-esquelética e estavam aptos a realizar os testes propostos.

Sendo o critério de inclusão praticar artes marciais de duas a três vezes por semana e treinar para competição, e tendo como exclusão treinar apenas por lazer, e ter algum tipo de lesão muscular nos últimos seis meses.

Cada atleta recebeu um termo de consentimento livre e esclarecido, sendo que os atletas menores de idades foram autorizados pelos pais. Foi realizada uma anamnese contendo os dados pessoais e clínicos relativos à situação de cada atleta.

### 4.2 Instrumento

O dinamômetro isocinético computadorizado da Biodex foi utilizado para realizar o movimento de extensão e flexão do joelho com as mesmas velocidades para todos os atletas, mensurando o pico de torque dos atletas.

Trata-se de um equipamento do modelo Biodex Multi-joint System 3 da BIODEX MEDICAL SYSTEMS INC e seus acessórios que incluem:

- Acessórios para avaliação do joelho;
- Software Biodex System 3 Advantage (versão 3.2);
- Impressora HP deskjet 694;

- Microcomputador Pentium II 233 MHz.

### **4.3 Posicionamento**

Antes de iniciarem os testes os atletas realizarão um aquecimento de 10 minutos em uma bicicleta ergométrica, pertencente ao Laboratório de Reabilitação Cardiovascular da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP). O aquecimento foi feito uma com carga moderada, após o aquecimento retornaram imediatamente ao Laboratório de Biodinâmica.

Os atletas foram posicionados na cadeira do dinamômetro, cujo encosto foi fixado em  $85^{\circ}$ . O eixo do dinamômetro foi alinhado ao eixo de rotação do joelho, no epicôndilo lateral do fêmur. Os voluntários foram estabilizados na cadeira com cintos presos à pelve, ao tronco e à coxa a ser avaliada.

A correção da gravidade no dinamômetro foi realizada de acordo com as especificações do manual do equipamento (Biodex Medical System 3, Manual Applications/Operations). Para esta correção o membro avaliado foi posicionado em extensão, local de maior atuação da gravidade, e o software do equipamento realizou o cálculo do valor que foi desconsiderado durante o teste.

### **4.4 Procedimento**

O experimento foi realizado no Laboratório de Biodinâmica da Faculdade de Ciências da Saúde juntamente com o Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP) situada em São José dos Campos.

O procedimento visa esclarecer e apresentar a todos os atletas, o procedimento e a função do equipamento utilizado no estudo. O presente estudo teve aprovação do comitê de ética do Instituto de Pesquisa & Desenvolvimento pelo protocolo nº H150/CEP/2008 UNIVAP (Anexo A).

#### 4.5 Procedimento no dinamômetro isocinético

Os testes foram realizados no modo isotônico concêntrico/concêntrico de flexão/extensão do joelho bilateralmente, com 5 repetições contínuas, recíprocas verdadeiras para flexão/extensão do joelho, nas diferentes velocidades angulares, sendo  $60^\circ$ ,  $180^\circ$  e  $240^\circ$ , com intervalo de 180s entre cada velocidade analisada. Os voluntários foram instruídos a fazer o máximo de força com velocidade durante o teste, sendo estimulados tanto visualmente (através da tela do computador) quanto verbalmente.



**Figura 2: Atleta posicionado no dinamômetro para realização do experimento.**

#### 4.6 Análise dos dados

Os dados obtidos nas coletas com o dinamômetro isocinético Biodex Cyber System 3, foram transportados para planilhas do Microsoft Excel, em seguida foram selecionados os picos de torque flexor e extensor de cada repetição e considerado apenas o maior dentre os cinco valores, para cada atleta, em cada velocidade analisada e para ambos os lados.

Foi realizado o cálculo da relação agonista/antagonista, sendo esta a razão entre pico de torque flexor e o extensor, para as velocidades de 60°/s, verificando assim a capacidade de gerar força. E para analisar a potência muscular foram utilizadas as velocidades 180°/s e 240°/s (TERRERI; et al, 2001).

Foram calculadas as médias e desvios padrões entre as atletas e estes resultados foram expressos na forma de tabelas e gráficos.

Para a análise estatística dos dados foi utilizado o teste t-Student pareado no programa Bio Estat 4.0 para comparação das diferentes velocidades de flexão e extensão do joelho, onde o valor significativo é de acordo  $p \leq 0,05$ .

## 5 RESULTADOS

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

Os resultados estão demonstrados em forma de tabelas e gráficos.

O primeiro item a ser avaliado foi o equilíbrio muscular nos atletas na velocidade de 60°/s. Os resultados obtidos estão expostos na tabela 1 e 2.

**Tabela 1: Equilíbrio muscular dos atletas (%).**

<b>EQUILIBRIO MUSCULAR</b>		
<b>Voluntário</b>	<b>Esquerdo (%)</b>	<b>Direito (%)</b>
<b>A1</b>	58,5	59
<b>A2</b>	53,9	53,5
<b>A3</b>	40,0	52,7
<b>A4</b>	53,5	55,4
<b>A5</b>	53,7	46,8
<b>A6</b>	53,9	43,8
<b>A7</b>	55,5	62,8
<b>A8</b>	48,9	51,0
<b>A9</b>	40,1	52,9
<b>A10</b>	52,2	56,4

Valor de significância para o equilíbrio muscular é de  $P=0,33$ .

**Tabela 2: Média e Desvio Padrão do equilíbrio muscular dos atletas.**

<b>EQUILIBRIO MUSCULAR</b>		
	<b>Esquerdo</b>	<b>Direito</b>
<b>Média</b>	51,02	53,43
<b>Desvio Padrão</b>	5,94	5,24



Outro parâmetro avaliado foi o pico de torque dos músculos extensores e flexores do joelho nas velocidades de 180 °/s e 240 °/s medido em N.m. As tabelas 3, 4 e 5 demonstram esses valores.

**Tabela 3: Pico de torque dos extensores e flexores (180<sup>o</sup>, 240<sup>o</sup> Nm)**

Voluntário	Extensor (180°/s)		Flexor(180°/s)		Extensor (240°/s)		Flexor(240°/s)	
	Esq	Dir	Esq	Dir	Esq	Dir	Esq	Dir
<b>A1</b>	128,5	154,7	99,4	101,3	107,1	140,1	82,3	95,2
<b>A2</b>	165,8	202,9	83,1	110,5	148,8	170,2	76,5	118,9
<b>A3</b>	142,0	148,2	102,9	86,6	124,3	119,6	94,6	113,5
<b>A4</b>	89,5	109,2	107,8	77,3	101,4	94,6	89	105,8
<b>A5</b>	75,9	99,1	109,6	74,3	89,6	66,6	70,9	89,6
<b>A6</b>	153,2	164,1	89,5	109,2	144,7	148,6	102	113,0
<b>A7</b>	144,4	140,9	96,1	109,7	132,8	142	93,4	114,6
<b>A8</b>	118,0	125,2	63,5	75,5	97	104,8	56,3	81,8
<b>A9</b>	142,0	148,2	103,2	86,6	94,6	119,6	124,5	113,5
<b>A10</b>	96,7	107,0	62,5	47,3	87,2	121,0	58,0	61,6

**Tabela 4: Valor de significância de p< 0,05 entre as velocidades de 180°/s e 240 °/s**

	Extensor		Flexor	
	Esq	Dir	Esq	Dir
	0,04	0,006	0,21	0,006

**Tabela 5: Pico de torque dos extensores e flexores (180°/s e 240 °/s em N.m)**

	Extensor (180°/s)		Flexor (180°/s)		Extensor (240°/s)		Flexor (240°/s)	
	Esq	Dir	Esq	Dir	Esq	Dir	Esq	Dir
<b>MÉDIA</b>	125,6	139,95	91,76	87,83	112,75	122,71	84,75	100,75
<b>DESVIO PADRÃO</b>	28,18	29,69	16,26	19,29	21,87	28,07	19,64	17,52

O gráfico abaixo compara o equilíbrio muscular entre o membro inferior esquerdo e direito. Sendo o direito membro inferior dominante do grupo de estudo.

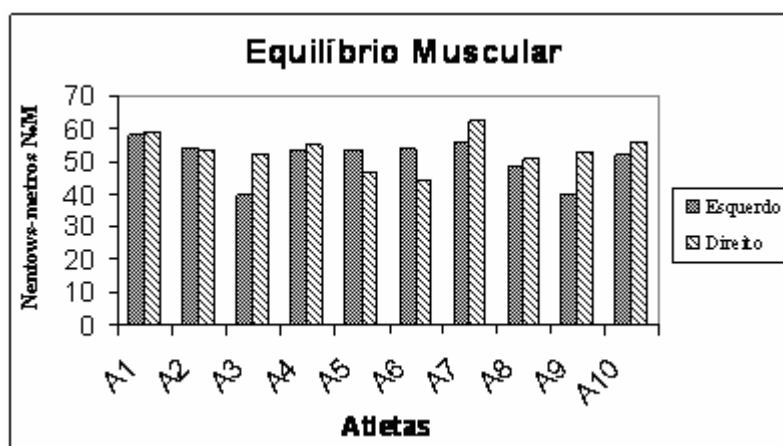


Gráfico 1: Equilíbrio muscular dos atletas.

O gráfico 2 representa a média e o desvio padrão para o equilíbrio muscular na velocidade de 60°/s. Não apresentando diferença significativa entre os membros.

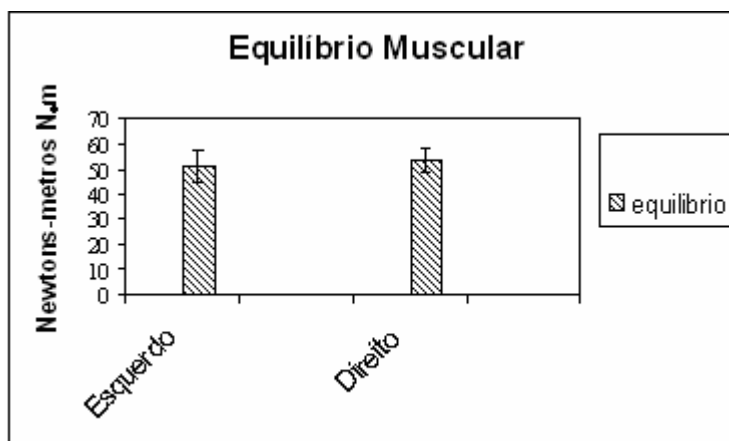


Gráfico 2: Média e Desvio Padrão do equilíbrio muscular

Os gráficos abaixo representam os picos de torque nas velocidades de 180°/s e 240 °/s. velocidades e as médias e desvios padrões dos mesmos. Onde já é possível visualizar uma diferença significativa entre as velocidades.

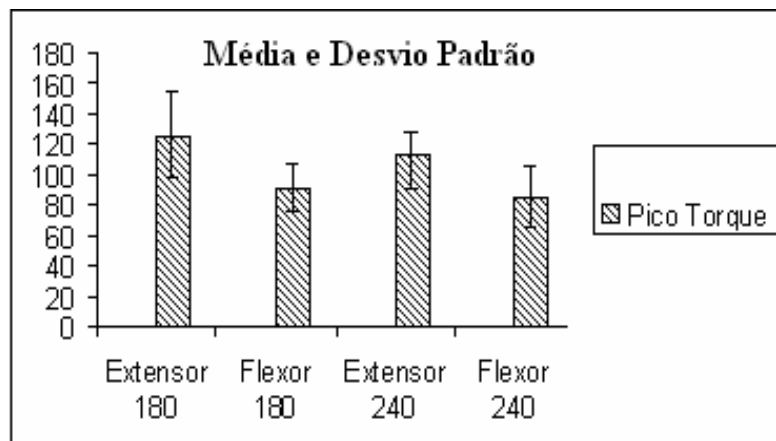


Gráfico 3: Média e Desvio Padrão dos flexores e extensores esquerdo nas velocidades angulares de 180°/s e 240 °/s.

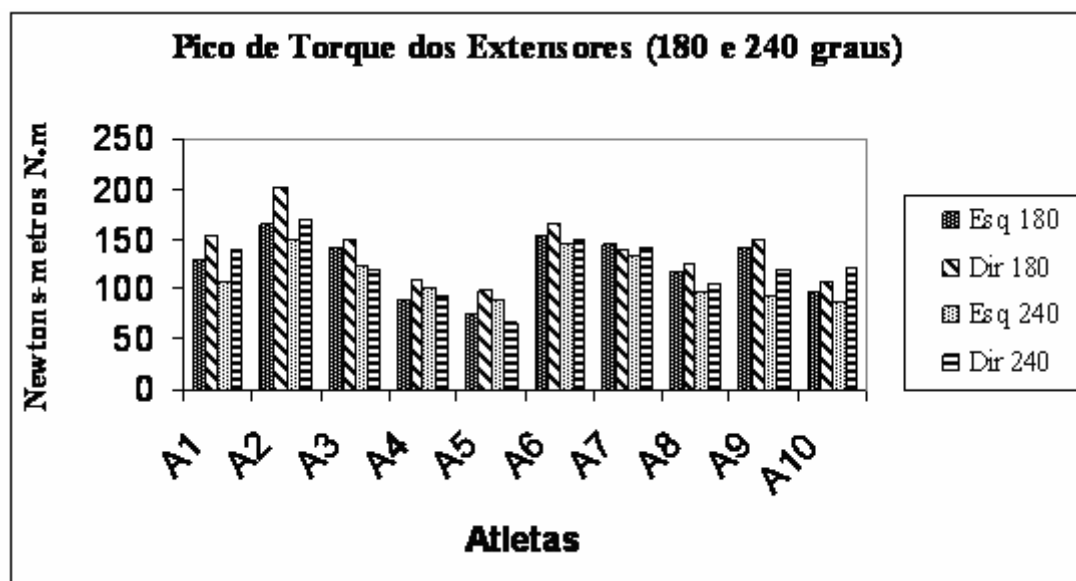


Gráfico 4: Pico de Torque dos extensores de joelho (180°/s e 240 °/s)

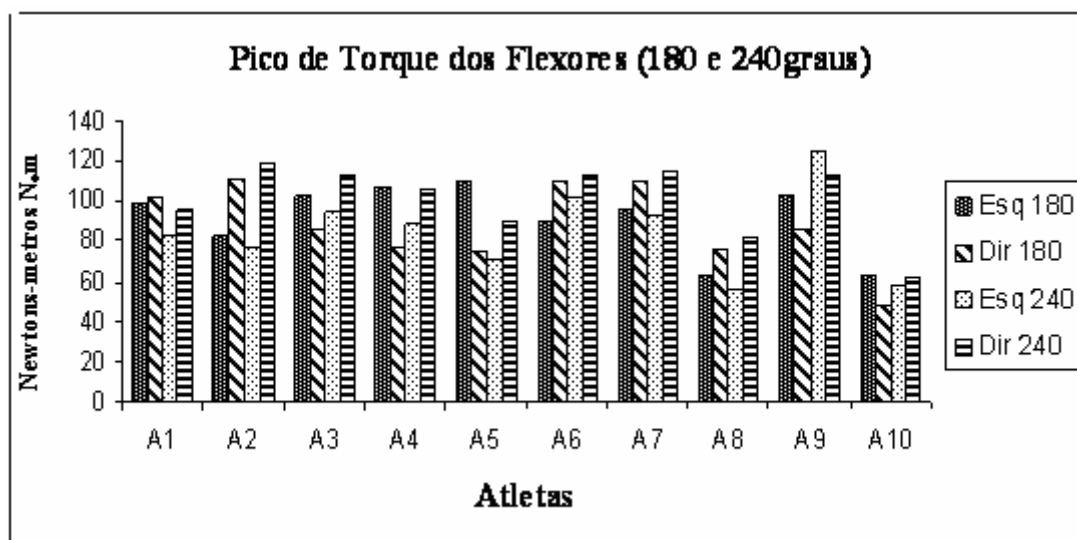


Gráfico 5: Pico de torque dos flexores de joelho (180°/s e 240°/s).

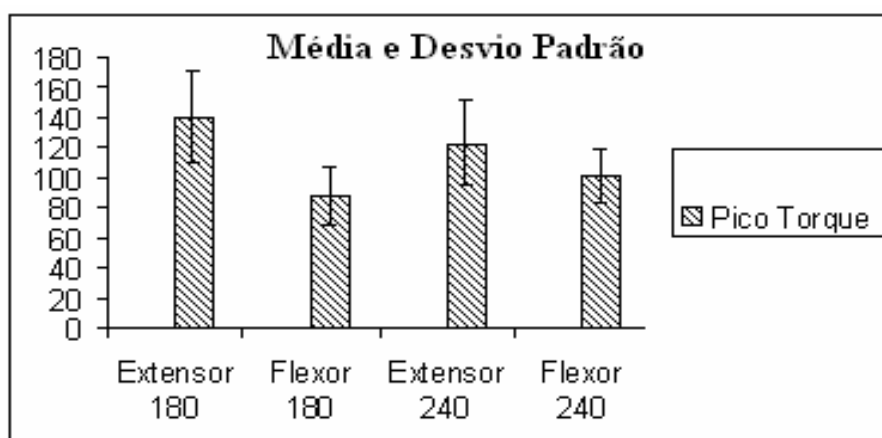


Gráfico 6: Média e Desvio Padrão dos flexores e extensores direito nas velocidades angulares de 180°/s e 240°/s.

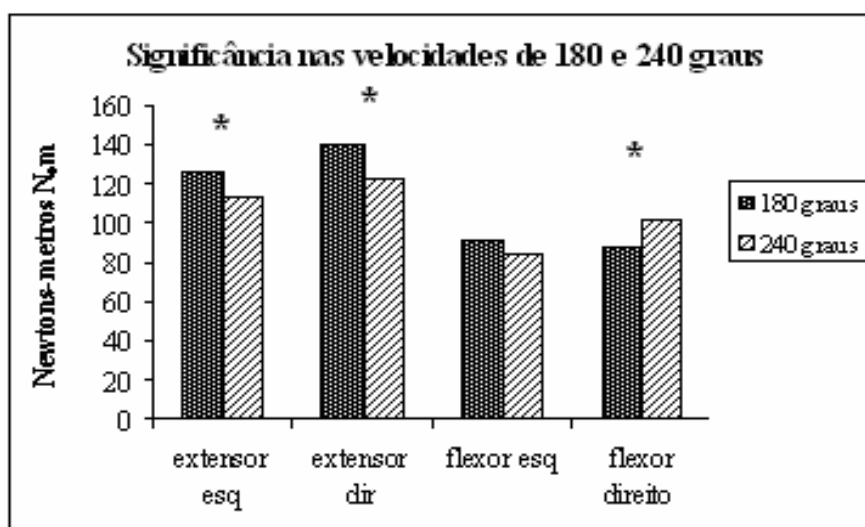


Gráfico 7: Valor de significância para  $p < 0,05$  \*.

## 6 DISCUSSÃO

As pesquisas envolvendo um vasto leque de desportos que estudam o equilíbrio agonista/antagonista e pico de torque ao longo dos anos tem sido objeto de interesse crescente, denotando a preocupação em providenciarem dados acerca do correto equilíbrio muscular na articulação do joelho, bem como a relação dos desequilíbrios musculares com as lesões. Porém, são escassos os estudos publicados que forneçam dados acerca das consequências da prática de artes marciais. E como não existe nenhum protocolo padronizado para avaliar a força dos atletas torna-se difícil comparar os resultados entre os diversos estudos.

O conceito de equilíbrio funcional musculotendíneo reflete um parâmetro importante na adequada realização da prática de esportes. O dinamômetro isocinético quantifica precisamente o pico de torque, como também oferece dados de comparação do lado dominante e não dominante, do membro contra-lateral e homolateral de grupos musculares (ANDRADE; FLEURY, 2003). Segundo alguns autores uma diferença até 10% entre membros inferiores pode ser considerada normal, ao se considerar a dominância normal.

O aparelho isocinético é um recurso valioso, podendo ser indicado tanto para a avaliação do equilíbrio funcional muscular, como também para a reabilitação das lesões do aparelho locomotor (PUHL; et al, 1988).

A verificação do desequilíbrio agonista/antagonista é calculada por um dado percentual, que é obtido através da divisão do torque máximo do flexor pelo extensor, e multiplicado por 100%. O resultado deve ficar entre 60%, o valor abaixo significa desequilíbrio, em que os flexores estão mais fracos do que os extensores. Caso os valores estejam acima há um desequilíbrio em que os extensores estarão mais fracos em relação aos flexores (PERRIN; 1993).

Vários estudos quantificaram o torque extensor e flexor do joelho em diferentes populações (SCHNEIDER; RODRIGUES; MEYER, 2002; FONSECA; et al, 2003; UGRINOWITSCH; et al, 2000). Os principais resultados indicaram que o torque extensor predominou sobre o torque flexor, obtendo razão agonista/ antagonista de cerca de 50% (CESARELLI; BIFUNCO; BRACALE, 1999; FONSECA; et al, 2003),

Os valores resultantes deste estudo, referentes à relação da musculatura agonista/antagonista do joelho, na velocidade de 60°/s, mostrou-se um pouco abaixo dos

valores mínimos descritos na literatura como padrão de normalidade, obtendo uma média de 51,02% para joelho esquerdo e 53,43% para o direito, no entanto há um equilíbrio entre os lados sem diferença significativa. Podemos traçar um paralelo com o estudo de Carvalho, Nascimento, Freitas e Tortoza (2006), que avaliou 16 atletas de voleibol do sexo masculino o grupo apresentou valor próximo dos 50% na velocidade de 60°/s.

No estudo de Carvalho e Cabri (2007) com 245 futebolistas na velocidade de 60°/s, os resultados sugerem que todos os sujeitos da amostra apresentaram equilíbrio funcional ao nível da articulação do joelho, tendo 50 - 60%.

Já os achados de Assis, Gomes e Carvalho (2005) em atletas de Jiu-Jitsu que é uma arte marcial dividida em: quedas, torções, estrangulamento, pressões, imobilizações e colocações, sendo praticada em pé e no chão, foram estudados 15 praticantes revelando a presença de desequilíbrios musculares, e evidenciando a importância de um trabalho de condicionamento físico para a prevenção de lesões decorrentes da desarmonia muscular.

O conjunto músculo-articular muito solicitado nas modalidades deve ser cuidadosamente avaliado devido à frequência de lesões ocasionadas por desequilíbrio muscular. Os músculos estabilizadores do joelho devem ter resistência equilibrada entre a esquerda e direita, e relação entre agonista/antagonista, resistência de todo o membro (músculos proximais e distais) e relação variável entre o estímulo e a resposta (velocidade de contrair e relaxar). Portanto é necessário haver uma harmonia muscular devido à ocorrência de problemas, quando dois músculos com funções opostas possuem forças diferentes, deve haver um balanceamento perfeito entre ambos, caso contrário ocorrerá rupturas em suas fibras. O desequilíbrio entre a força dos músculos ísquio-tibiais e do quadríceps sugere não ultrapassar o potencial de força do quadríceps mais do que 10% em relação aos músculos ísquios-tibiais, para proteger das lesões (TREUHERZ, 1991).

Nos esportes, a região de incidência de lesões e dor depende das solicitações mecânicas e fisiológicas. Em geral, os problemas de lesões podem ser resultados de encurtamento muscular, debilidade de força, força em excesso, músculos exageradamente alongados e da intensidade do treinamento (ACHOUR, 1996). Predisposição estrutural (fisiológica e biomecânica), predisposição funcional (principalmente a condição física), lesões prévias, condição muscular, potência, resistência, flexibilidade, treinamento sensório-motor (coordenação, equilíbrio e

reflexos) e treinamento esportivo são fatores que devem ser analisados para a prevenção de lesões (RODRIGUES, 1993).

O descuido no treinamento de força da musculatura ísquio-tibial pode reduzir a coativação dos agonistas e antagonistas como resposta à superioridade de força do quadríceps. Tais atividades reduzidas do antagonista diminuem a força de estabilização total disponível da articulação durante a carga de esforço a maior risco de lesões (ACHOUR, 1996).

O presente estudo também analisou o pico de torque na potência muscular dos atletas, nas velocidades de 180°/s e 240°/s, que são consideradas velocidades rápidas, porém intermediárias. Fizemos a comparação da velocidade de 180°/s com a velocidade de 240°/s comparando joelho esquerdo com esquerdo e direito com direito, flexores com flexores e extensores com extensores.

Sendo assim apresentamos um pico de torque significativo, os valores de significância desse estudo são de acordo com o valor de  $p < 0,05$ . tendo para o extensor do joelho esquerdo  $p < 0,04$  para velocidade de 180°/s e direito  $p < 0,006$  para a velocidade de 240°/s. No pico de torque flexor do joelho obtemos significância somente em flexor direito  $p < 0,006$ , sendo este o membro dominante dos atletas.

A medida que ocorre aumento da velocidade, ocorre também um aumento da relação flexor/extensor do joelho, indicando leve tendência do grupo muscular flexor se aproximar do extensor (MURRAY; et al, 1984).

As avaliações no momento angular específico podem ser valiosas para a avaliação da força muscular do joelho, uma vez que o pico de torque ocorre em ângulos diferentes para flexão e extensão (MOGNONI; et al, 1994).

A potência muscular é altamente dependente da força, sendo caracterizada como a integração entre força e velocidade. O pico de torque representa o ponto de maior torque na amplitude de movimento, o torque e a velocidade angular de movimento são grandezas inversamente proporcionais, ou seja, quanto menor a velocidade angular realizada, maior será o torque; quanto maior a velocidade, menor o torque (TERRERI; et al, 1999).

No nosso estudo obtemos como média de torque dos extensores do joelho esquerdo na velocidade de 180°/s, 125,6 N.m e 112,75 N.m, para velocidade de 240°/s. e direito 139,5 N.m para a velocidade de 180°/s e 122,71 N.m na velocidade de 240°/s. O torque flexor do joelho esquerdo na velocidade de 180°/s foi de 91,76 N.m e 84,75 N.m na velocidade de 240°/s, o pico de torque direito na velocidade 180°/s é de 87,83 N.m

para 100,75 N.m na velocidade de 240°/s. Confirmando o que a literatura menciona, que uma diferença de 10% entre membros pode ser considerada normal (SHINZATO; BATTISTELLA, 1996).

Nossos resultados vão de encontro com o de Shinzato e Battistella (1996) os quais avaliaram 20 atletas de futebol profissional brasileiro, obtendo como média de torque para extensores 345,9 N.m e 194 N.m para flexores. O estudo de Paixão, Akutsu e Pinto (2004) os valores foram de 254,7 N.m para o torque de extensores e 158,6 N.m para flexores nas velocidades de 180°/s e 300°/s.

Esses resultados já eram esperados, pois o quadríceps é o maior grupo muscular do corpo humano, sendo três vezes mais forte do que o ísquio-tibial. Além disso, a musculatura extensora mostra-se dominante na maioria dos gestos desportivos (KAPANJI, 2000).

É sabido que nos dias de hoje o interesse em se prevenir lesões por meio da identificação precoce da insuficiência do grupo muscular, ou de desequilíbrio entre músculos antagonistas de uma articulação, levando em consideração a articulação do joelho seriam os flexores, para que isto seja possível torna-se imprescindível o uso de aparelhos como dinamômetro que avalia força muscular que é de grande interesse clínico para o desempenho muscular humano (MOHAMED; PERRY; HISLOP, 2002).

Maestá (2000), diz em seu estudo que as adaptações que ocorrem no organismo frente a um treinamento vão variar de acordo com o tipo de treinamento e ainda, que as principais modificações observadas acontecem na musculatura que tem as características das fibras modificadas. Por isso acreditamos que treinos com cargas e velocidades, é uma forma de estimulação para adaptações do organismo diante as exigências dinâmicas, permitindo a reestruturação morfológica que possibilita melhoras funcionais por parte dos atletas.



## 7 CONCLUSÃO

A utilização de uma metodologia alternativa de avaliação da função muscular por meio da avaliação isocinética em artes marciais foi ainda pouco estudada, com pequeno número de publicações disponíveis na literatura científica. Concluímos neste estudo que os atletas de artes marciais avaliados apresentam-se dentro do padrão de torque e potência descrito na literatura quando realizaram o teste na velocidade mais alta (180°/s e 240 °/s), mantendo o padrão extensor mais desenvolvido. O mesmo não foi observado na velocidade de 60°/s, visto que a relação entre a musculatura agonista e antagonista encontrou-se, com media inferior ao valor mínimo descrito, no entanto há um equilíbrio entre os lados sem diferença significativa, sugerindo que haja um treinamento de compensação, trabalhando os dois membros, para que não haja, assim, desequilíbrios musculares entre eles. Portanto a avaliação da força muscular e a sua harmonia nos dias de hoje é um fator de elevada importância, para a prevenção de lesões esportivas, Sendo assim, para que se tenha uma compreensão e uma fidedignidade nos resultados é necessária à realização de novos estudos com um número maior de amostras.

## REFERÊNCIAS

ACHOUR, J. A.. **Bases para exercício de alongamento relacionado com a saúde e no desempenho atlético.** Londrina: Midiogray, 1996.

ALBERT, M.. **Eccentric Muscle Training in Sports and Orthopaedics.** 2 ed.; New York, 1995.

ALTER, M. J.. **Ciência da Flexibilidade.** 2. ed.; São Paulo: Artmed, 1999.

ALVES, D.. **Historia do Kick Boxing.** Disponível em <http://www.hardkick.com.br>. Acesso em 20 maio 2008.

AMADIO, A. C.; DUARTE, M.. **Fundamento Biomecânico para Análise do Movimento.** São Paulo: Laboratório de Biomecânica/EEFUSP, 1996.

AMATUZZI, M.M.; GREVE, J.M.; CARAZZATO, J.G.. **Reabilitação em medicina do esporte.** São Paulo: Roca, 2004, p.61-78.

ANDRADE, M. S.; FLEURY, A. M.. **Risco de lesão na articulação do joelho no ciclismo Indoor.** São Paulo: USP/ Centro de Estudos de Fisiologia do Exercício, 2003.

ARRUDA, F. L. B.; et al.. A influência do alongamento no rendimento do treinamento de força. **Revista Treinamento Desportivo**, v.7, n.1, p. 01-05, 2006.  
arXiv:physics/9804030v2 [physics.med-ph], 10 May 1998. Disponível em:  
<<http://arxiv.org/abs/physics/9804030v1>> Acesso em: 10 set. 2008.

ASSIS, M. M. V.; GOMES, M. I.; CARVALHO, E. M. S.. Avaliação Isocinética de quadríceps e ísquio-tibiais nos atletas de Jiu-Jitsu. **Rev. Brasileira em Promoção da Saúde Universidade de Fortaleza**, v.18, p. 85-89, 2005.

BADILLO, J.J.G.; AYESTARÁN, E.G.. **Fundamentos do treinamento de força: aplicação ao alto rendimento.** Porto Alegre: Artmed, 2000, p. 167.

BARROS, M. S.. **Curso Nacional para Instrutores Mestre e Examinadores, I.** Belo Horizonte: [s.l.], p.36, 2006.

BYRON, F.W.; FULLER, R. W.. **Mathematic of Classical and Quantum Physics**. Nova York: Dover, 1992.

CARPENTER, C. S.. **Biomecânica**. Rio de Janeiro: Sprint, 2005.

CARVALHO, F.F.; NASCIMENTO, R. C. C.; FREITAS, H. F.; TORTOZA, C.. A participação dos grupos musculares agonistas e antagonistas na produção do torque do joelho em atletas de voleibol. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10º ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS GRADUAÇÃO DA UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA, 6. São José dos Campos, SP.: outubro 2006. **Anais**. São José dos Campos: UniVap, 2006.

CARVALHO, P.; CABRI, J.. Avaliação Isocinética da força dos músculos da coxa em futebolistas. **Rev. Portuguesa de Fisioterapia do Desporto**. v.1, n 2, p. 4-13, 2007.

CESARELLI, M.; BIFULCO, P.; BRACALE, M.. Quadriceps muscle activation in anterior knee pain during in isokinetic exercise. **Medical Engineering & Physics**. v.21, p. 469-478, 1999.

DANTAS, E. H.M.. **A prática da preparação física**. 5. ed. Rio de Janeiro: Shape, 2003, p.159.

DAVIES, G.J.. **A compendium of isokinetics in clinical usage and rehabilitation techniques**. 4 ed. Onalaska: WI S & Publishers, 1992.

DENADAI, B. S.. **Avaliação aeróbica: Determinação indireta da resposta do lactado sanguíneo**. São Paulo: Motrix, 2000, p 65.

ENOKA, R. M.. **Bases neuromecânicas da cinesiologia**. 2.ed. São Paulo: Manole, 2000, p.450.

FBT – **Federação Brasileira de Taekwondo**. Disponível em: <<http://www.fbt.org.br>>  
Acesso em: 30 set. 2008.

FONSECA, S.T. et al.. Perfil de dinamometria isocinética da articulação do joelho de jogadores da seleção brasileira infanto-juvenil de voleibol masculino. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, Ouro Preto: **Anais**. [s.n.], 2003. p 339-342.

FOSS, M. L.; KETEVIAN, S. J.. **Bases Fisiológicas do Exercício e do Esporte**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000, p.560.

GRACE, T. G., SWEETSER, E. R., NELSON M. A., YDENS, L. R., SKIPPER, B. J. Isokinetic muscle imbalance and knee joint injuries. **J Bone Joint Surg [Am]** v. 66, n.4, p. 734-740, 1984.

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

GUYTON, A. C.; HALL, J. E.. **Fisiologia Humana e Mecanismos das Doenças**. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998, p.639.

GUYTON, A. C.; HALL, J.E.. **Tratado de Fisiologia Médica**. 10 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002, p.632.

HALL, S.. **Biomecânica básica**. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

HARILAINEN, A.; ALARANTA, H.; SANDELIN, J.; VANHANEN, I.. Good muscle performance does not compensate instability symptoms in chronic anterior cruciate ligament deficiency. **Knee Surg Sports: Traumatol Arthroscopy**, v. 3, p. 135-137, 1995.

HAMILL, J.; KNUTZEN, K.. **Bases biomecânica do movimento humano**. São Paulo: Manole, 1999.

HISLOP, H.J.; PERRINE, J.J.: The isokinetic concept of exercise. **Phys Ther**, v.47, p. 114-117, 1967.

JOCOPY, S. M.. Exercícios isocinéticos em reabilitação. In: PRENTICE W.E.; VOIGHT M.L. **Técnicas em reabilitação musculoesquelética**. Porto Alegre: Artmed; 2003.p.145-157.

KAPANDJI, A.I.. **Fisiologia articular-membro inferior**. 5 ed. Rio de Janeiro: Panamericana, v. 2, 2000, p.76-156.

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

KISNER, C.; COLBY, L. A.. **Exercícios Terapêuticos Fundamentos e Técnicas**. 3. ed. São Paulo: Manole, 1998.

LEHMKUHL, L. D.; SMITH, L.K.. **Brunnstron cinesiologia clínica**. 4. ed. São Paulo: Manole, 1989, p 466.

LEITE, D.. **Historia do Kick Boxing**. Disponível em <http://www.hardkick.com.br>  
Acesso em 20 de maio de 2008.

MAESTÁ, N.. Antropometria de atletas culturistas em relação à referência populacional. **Rev. Nutri**. v.13, n. 2, p. 135-141, 2000.

MAGEE, D. J.. **Ortopedic physical assessment**. Philadelphia: Saunders, 1992.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F.; KATCH, V.. **Fundamentos de fisiologia do exercício**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002, p.362.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L.. **Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano**. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998, p.695.

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

MOGNONI, P.; NARICI, M.; SIRTORI, M.; LORENZELLI, F.. Isokinetic torques and maximal velocity in young Soccer Players. **Journal of sports Medicine and Physical Fitness**, v.34, n. 4, p. 357-361, 1994.

MOHAMED, O.; PERRY, J., HISLOP, H.: Relationship between wire EMG activity, muscle length and torque of the hamstrings. **Clinical Biomechanics**, v.1, p.569-579, 2002.

MURRAY, S. M., WARREN, R. F., OTIS, J. C.; KROLL, M.; WICKIEWICZ, T. L.. Torque velocity relationships of the knee extensor and flexor muscles in individuals sustaining injuries of the anterior cruciate ligament. **Am J Sports Med**. n.12, p.436-440, 1984.

O` SULLIVAN, S. B. **Fisioterapia: Avaliação e Tratamento**. 2.ed. São Paulo: Manole, 1993.

PAIXÃO, D. O.; AKUTSU, M. L. S.; PINTO, S. S.. Avaliação Isocinética da média de torque e potência em flexores e extensores de joelhos relacionando o posicionamento em campo, idade e membro dominante em atletas de futebol profissional. **Rev. Reabilitar**, v. 24, p. 83-23, 2004.

PERRIN, D. H.. **Isokinetic exercise and assessment**. Champaign: Il Human Kinetics Publishers. 1993, p.212.

PUHL, W.; NOACK, W.; SCHARF, H. P.; SEDUNKO, F.. **Isokinetisches Muskeltraining in Sport und Rehabilitation**. Erlangen: Perimed, 1988.

PRENTICE, W.E.. **Técnicas de reabilitação e medicina esportiva**. 3. ed. São Paulo: Manole, 2002, p. 451-493.

RASCH, P.J.; VASCONCELOS, M.M.. **Cinesiologia e anatomia aplicada**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991, p. 204.

ROBINSON, A. J.. **Eletrofisiologia Clínica eletroterapia e teste fisiológico**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2001.

SILISKI, M. J.. **Joelho Lesões traumáticas**. Rio de Janeiro: Revinter, 2002.

RODRIGUES, A.. **Joelho no esporte: técnicas avançadas de avaliação e tratamento nas lesões ligamentares**. São José do Rio Preto: CEFESPAR, 1993.

SCHENEIDER, P.; RODRIGUES, L.; MEYER, F.. Dinamometria computadorizada com metodologia de avaliação de força muscular de meninos e meninas em diferentes estágios de maturidade. **Rev. Paul. Ed. Física**, v.16, p.35-42, 2002.

SHINZATO, G. T.; BATISTELLA, L.R.. Exercício Isocinético - sua utilização para avaliação e reabilitação músculo esquelética. **Âmbito Medicina Desportiva**, v.1, p. 11-18, 1996.

SHINZATO, G. T.; VASCONCELOS, J. C. P.; OGAWA, C. T.; SAMPAIO, I. C. S. P.; GPNÇALVES, A.; NEVES, E. M.. Protocolo de avaliação funcional de joelho em patologias ortopédicas. **Acta Fisiátrica**, n. 3, p. 30-36, 1996.

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

TERRERI, A.S.; AMBROSIO, M. A.; PEDRINELLI, A.; ALBUQUERQUE, R. F. M.; ANDRUSAITIS, F.; GREVE, J. M. D.; CARAZZATO, J. G.; AMATUZZI, M. M.. Isokinetic assessment of the flexor - extensor balance in athletes with total rupture of the anterior cruciate ligament. **Rev. Hosp. Clin. Fac. Med. São Paulo**, n.54, p. 53-60, 1999.

TREUHERZ, R. M.. **Educação física: exercícios básicos e específicos**. 2.ed. São Paulo: Maltese, 1991.

TRIA, J. A.. **Lesões ligamentares do joelho: Anatomia, diagnóstico, tratamento e resultados**. Rio de Janeiro: Revinter, 2002.

UGRINOWITSCH, C. et al.. Capacidade dos testes isocinéticos em prever a "performance" no salto vertical em jogadores de voleibol. **Rev. Paul. Ed. Física**. v.14, n.2, p.172-183, 2000.

VAUGHAN, C. L.; DAVIS, B. L. O.; CONNOR, J. C.. **Dynamics of human gait**. Champaign, Illinois : Human Kinetics. Publishers, 1992.

WALLACE, L. A.; MANGINE, R. E.; MALONE, T.. **The Knee**. 3 ed. St. Louis: Mosby, 1997.

WEINECK, J.. **Manual de treinamento esportivo**. 2 ed. São Paulo: Manole, 1989, p. 102.

WERNER, F.; et al.: Exercício Físico: Bases morfofuncionais e benefícios à saúde. **Seminário de Integração sobre os aspectos morfofuncionais, de clínica médica e de saúde pública**. (MED-7002), em Maio de 2005. Disponível em < [http://www.ccb.ufsc.br/~crisina/sm\\_2005\\_1\\_med7002.htm](http://www.ccb.ufsc.br/~crisina/sm_2005_1_med7002.htm). Acesso em 01 outubro 2008.

WILLIAM, D.; et al.. **Fundamentos de fisiologia do exercício**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002, p.130.

WOLTRING, H. J.. One Hundred years of Photogrammetry in Biocomotion. p. 199-225, In: CAPOZZO, A.; MARCHETTI, M.. **Tosi Biocomotion a century of research using motion pictures**. Roma: Promograph, 1992, p.199-225.

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

ZAKHAROV, A. A.. **Ciência do treinamento desportivo aspectos teóricos e práticos da preparação do desportista, organização e planejamento do processo de treino: controle da preparação do desportista**. Rio de Janeiro: Palestra Sport, p.338, 2003.

ZERNICKE, R.F.. The emergence of human biomechanics. In: BROOKS, G.A.. **Perspectives on the academic discipline of physical education**. Champaign, Il. Human Kinetics Pub., 1981, p. 124-136.

ZORELLO, P.. **Historia do Kick Boxing**. Rio de Janeiro: APKB, 1992. Disponível em: <<http://www.apkb.com.br/arquivos/apostila-apkb.pdf>> Acesso em 10 de março de 2008.

ZORELLO, P.. **Qualidade Total Kick Boxing Brasil: Introdução**. São Paulo: Confederação Brasileira de Kick Boxing, 2003.



## ANEXO A: Comitê de Ética em Pesquisa



UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA

### COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA

UNIVAP

#### CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo n.º H150/CEP/2008, sobre *“Análise da biomecânica dos extensores e flexores de joelho por meio do dinamômetro isocinético em praticantes de artes marciais”*, sob a responsabilidade de *Leandra Monteiro de Paiva*, 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, 12 de setembro de 2008.

**PROFA. DRA. STELLA REGINA ZAMUNER**

Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa

Universidade do Vale do Paraíba – Univap

## ANEXO B: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Em duas vias, uma retirada pelo sujeito e outra pelo (a) pesquisador (a))

Prezado (a) Senhor (a):

Eu, Leandra Monteiro de Paiva, mestranda do Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Biomédica, da Universidade do Vale do Paraíba, estou desenvolvendo uma pesquisa como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre. O estudo tem finalidades acadêmicas, assim como a divulgação científica dos seus resultados e tem como objetivo estudar o tempo de treinamento de atletas de Taekwondo e Kick Boxing por meio da eletromiografia. Sob a supervisão e orientação do Prof. Dr. Rodrigo Alexis Lazo Osório e Prof. Dr. Alderico Rodrigues de Paula Junior

Sua participação é livre, voluntária e isenta de remuneração, sendo que sua identidade será mantida em sigilo. Mesmo concordando em participar, você poderá desistir a qualquer momento do estudo, sem que haja para você qualquer dano ou prejuízo. O pesquisador estará disponível para esclarecer quaisquer dúvidas, bastando para isso contatá-lo pelo telefone (12) 39372193.

Os dados coletados serão mantidos no computador do Laboratório de Biodinâmica da universidade e transcritos para a Dissertação. Os mesmos serão utilizados única e exclusivamente para os objetivos propostos do estudo.

Eu, \_\_\_\_\_, após ter sido esclarecido (a) pela pesquisadora e ter entendido o que está escrito acima, AUTORIZO a participação do\_ na pesquisa.

Assinatura: \_\_\_\_\_

RG: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Eu, -----, mestranda responsável pela pesquisa, declaro que obtive espontaneamente o consentimento deste sujeito de pesquisa para realizar este estudo.

I.

Assinatura: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**ANEXO C: Ficha de avaliação dos atletas**

Nome:.....data de nascimento .....

Endereço:.....número.....

Bairro:.....cidade .....estado.....

tel:.....cel:.....

Peso:..... altura:.....

Há quantos anos pratica a modalidade?.....

Quantas vezes por semana?.....

Quantas horas por dia?.....

Qual é a graduação de sua faixa?.....

Teve alguma lesão muscular no período de junho a outubro? ( ) sim ( ) não

Obs:

Já teve alguma lesão muscular antes desse período estipulado e qual foi a musculatura afetada?

Fez tratamento?

Pratica outro esporte fora o TKD? ( ) sim ( ) não

Quantas vezes por semana?.....

.....

Membro inferior dominante ( ) direito ( ) esquerdo

Fumante ( ) sim ( ) não

É filiado à federação Paulista de TKD? ( ) sim ( ) não