

**FEDERAÇÃO DE TAEKWONDO DO ESTADO DE SÃO PAULO**

**FABIANO MORCIANI**

**ANALISE DA FADIGA MUSCULAR EM PRATICANTES DE TAEKWONDO**

**SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, SP**  
**2023**

**FABIANO MORCIANI**

**ANALISE DA FADIGA MUSCULAR EM PRATICANTES DE TAEKWONDO**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA A  
BANCA EXAMINADORA DA  
FEDERAÇÃO DE TAEKWONDO DO  
ESTADO DE SÃO PAULO COMO  
REQUISITO NECESSÁRIO PARA  
OBTENÇÃO DE TÍTULO DE GRÃO  
MESTRE FAIXA PRETA 8º DAN

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, SP  
2023

## **DEDICATÓRIA**

Primeiramente, dedico a Deus por todas as conquistas profissionais e pessoais realizadas durante toda a minha vida. A minha esposa Andréa, companheira de caminhada e amor da minha vida. Aos meus filhos João Pedro, Maria Vitória e Maria Fernanda por serem tão maravilhosos. E aos meus pais pelo estímulo inicial a prática do Taekwondo e apoio constante.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus alunos de Taekwondo, por serem fonte de inspiração diária.

Ao Grão Mestre Lucas Rebello e Mestre Luciano Carli pela orientação e revisão deste trabalho.

# **ANALISE DA FADIGA MUSCULAR EM PRATICANTES DE ARTES MARCIAIS**

## **RESUMO**

Para atletas de Taekwondo, o treinamento específico visa a melhoria da potência muscular, ou seja, quanto maior a força, maior será o recrutamento de fibras musculares ativadas para exercerem o movimento desejado. Sendo assim, a fadiga muscular que é considerada como uma falha para manter um nível desejado de rendimento ou trabalho durante uma atividade repetitiva ou sustentada, influenciar a propriocepção, o controle motor e ser um dos fatores de risco para ocorrência de lesões por sobrecarga. Contudo, esse estudo visa uma revisão bibliográfica da fadiga muscular no desempenho de atletas de Taekwondo (TKD).

**Palavras-chave:** Fadiga, Taekwondo

## **ANALYSIS OF MUSCLE FATIGUE IN PRACTICING TAEKWONDO**

### **ABSTRACT**

For Taekwondo athletes, specific training aimed at improving muscle power, and the higher the power, the greater recruitment of muscle fibers activated to exert the desired motion. Thus, muscle fatigue which is regarded as a failure to maintain a desired level of income or work over a sustained or repetitive activity, influence proprioception, motor control and be a risk factor for the occurrence of overuse injuries. However, this study is a literature review of fatigue in the performance of athletes in Taekwondo (TKD).

**Keywords:** Taekwondo, fatigue.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Estruturas do sarcômero e o deslizamento dos filamentos de proteínas actina e miosina (WERNER et al. 2005). 16
- Figura 2: Estrutura do músculo a partir de seu aspecto macroscópico até o molecular. Cada fibra muscular (célula) contém proteínas contráteis, chamadas miofibrilas, que são estriadas. Cada estria contém filamentos finos (actina) e pesados (miosina) ordenados em unidades contráteis chamadas sarcômeros. Os capilares rodeiam as fibras musculares. (PENA et al. 2007). 18
- Figura 3: Formação de ATP na via aeróbia (ARANTES, 2003). 21

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1: Demonstração das características metabólicas e estruturais das fibras (WERNER et al. 2005).

15



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TKD - Taekwondo  
ATP - Adenosina Trifosfato  
SNC - Sistema Nervoso Central  
CL - Contração lenta  
CR - Contração rápida  
ADP - Adenosina Difosfato  
Pi - fosfato inorgânico  
CPK - Creatina Fosfoquinase  
CP - creatina-fosfato  
Ca<sup>+2</sup> - cálcio  
F - Força  
R - distância  
N/m – newtons/metros  
W - watts  
MIE – Membro inferior esquerdo  
MID – Membro inferior direito

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1.OBJETIVO  | 7  |
| 2.MATERIAL E MÉTODOS  | 8  |
| 3.INTRODUÇÃO  | 9  |
| 4. REVISÃO DA LITERATURA  | 10 |
| <i>HISTÓRIA DO TAEKWONDO</i>  | 10 |
| <i>FILOSOFIA E OBJETIVO DO TAEKWONDO</i>                                      | 10 |
| <i>EXPLICAÇÕES SOBRE A GRADUAÇÃO NO TAEKWONDO</i>                             | 11 |
| 5. FADIGA   | 12 |
| 5.1 <i>FADIGA RELACIONADA AOS NUTRIENTES</i>                                  | 13 |
| 5.2 <i>FUNÇÕES DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL NA MECÂNICA DO MOVIMENTO HUMANO</i> | 13 |
| 5.2.1 <i>TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES</i>                                       | 14 |
| 5.2.2 <i>ASPECTOS MORFOLÓGICOS DA FIBRA MUSCULAR</i>                          | 15 |
| 5.2.3 <i>FILAMNTOS DE MIOSINA</i>   | 17 |
| 5.2.4 <i>FILAMENTOS DE ACTINA</i>   | 17 |
| 5.2.5 <i>A TEORIA DO FILAMENTO DESLIZANTE PARA CRIAÇÃO DO MOVIMENTO</i>       | 18 |
| 5.2.6 <i>A ENERGIA PARA A AÇÃO MUSCULAR</i>                                   | 19 |
| 5.2.7 <i>VIA ANAERÓBIA - SISTEMA ATP-CP OU ANARÓBIO ALÁTICO</i>               | 19 |
| 5.2.8 <i>METABOLISMO GLICOLÍTICO OU ANAERÓBIO LÁTICO</i>                      | 20 |
| 5.2.9 <i>VIA AERÓBIA</i>  | 20 |
| 5.2.10 <i>FISIOLOGIA DA CONTRAÇÃO MUSCULAR</i>                                | 21 |
| 5.3 FORÇA   | 23 |
| 5.3.1 <i>POTÊNCIA MUSCULAR</i>  | 23 |
| 5.3.2 <i>CONTRAÇÕES CONCÊNTRICAS-EXCÊNTRICAS</i>                              | 25 |
| 5.4 TREINAMENTO DAS PRINCIPAIS FORMAS DE EXIGÊNCIA MOTORA                     | 25 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS   | 27 |
| REFERÊNCIAS   | 31 |

## **1. OBJETIVO**

Analisar a fadiga muscular de atletas de Taekwondo, por meio de uma revisão bibliográfica, observando as características musculares para uma melhor compreensão da arte marcial.

Sendo assim, o presente estudo visa a esclarecer se o tipo de treinamento pode interferir na fadiga muscular, contribuindo com o desenvolvimento da modalidade, tanto no físico quanto na técnica.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Os materiais e métodos desse estudo foram de acordo com as necessidades de ampliar o conhecimento sobre a arte marcial (TKD), ao qual necessita de uma grande exigência metabólica durante a competição, ocasionando uma maior propensão a fadiga muscular. Foi realizada uma revisão da literatura em bases de dados eletrônicas, sites, livros, artigos nacionais e internacionais, e anais de congressos. As bases de dados utilizadas foram: Lilacs, Medline, Consult e Scielo, compreendendo o período de 1982 a 2010.

### 3. INTRODUÇÃO

O TKD, cujo significado se traduz em “caminho dos pés e da mão através da mente” é de origem Coreana, e se tornou oficialmente um esporte Olímpico em 2000 nos Jogos de Sydney (MOHSEN et al. 2006). Os atletas de TKD de competição utilizam predominantemente os chutes rápidos e de alta amplitude em região de tronco e cabeça do adversário, exigindo intensa utilização dos músculos extensores e flexores do joelho. Para o desenvolvimento do atleta, o tempo de treinamento não só desenvolve habilidades técnicas, como também o domínio completo das estruturas motoras nos exercícios esportivos, considerando o resultado máximo a ser atingido nas mais difíceis condições (WEINICK, 2003). Dessa forma, tem sido relatado na literatura relativa frequência de lesões musculares em atletas de TKD (BEIS et al. 2001).

A fadiga muscular é considerada como uma falha para manter um nível desejado de rendimento ou trabalho durante uma atividade repetitiva ou sustentada (GONÇALVES, 2006). A fadiga muscular possui sua etiologia multifatorial e sua origem e extensão depende da especificidade do exercício, do tipo de fibra muscular e do nível de aptidão física (GONÇALVES, 2002).

O desenvolvimento de força muscular depende da quantidade de fibras musculares ativadas, pois quanto maior for o recrutamento de fibra muscular, maior será a força produzida (MARC; DOUGLAS; STEVEN, 2002). Para que haja o desenvolvimento de uma contração muscular é necessário que seja gerado uma onda de despolarização que se propaga pela membrana das fibras musculares em resposta à chegada de um impulso nervoso (WERNER et al. 2005; GUYTON, 2002).

Portanto, esse estudo visa uma revisão bibliográfica na análise da fadiga muscular em praticantes de artes marciais, de especial interesse a modalidade de Taekwondo, pela exigência metabólica (anaeróbia e aeróbia).

#### **4. REVISÃO DA LITERATURA**

A revisão desse estudo foi baseada em livros de Taekwondo, de fisiologia do exercício, de biomecânica e artigos de pesquisa disponibilizados no portal Capes, para fins de uma melhor compreensão do estudo analisado.

##### **HISTÓRIA DO TAEKWONDO**

O Taekwondo (TKD) atravessou um longo e adverso período da história coreana, como parte integrante da cultura daquele povo. É importante mencionar que a maioria dos registros históricos da cultura oriental é em forma de peças de madeira destruídas pelo tempo. Entretanto, foram encontrados alguns murais sobre o TKD em câmaras mortuárias da era Kogoryo, registrando atos de destreza e bravura dos que ali se encontravam (KIM, 2006).

Aproximadamente no ano 660 a.C. existiam na Coréia três reinos: Silla, Kogoryo e Baek Je. Silla era o menor dos três e sofria constantes invasões e saques de seus vizinhos maiores. Foi então que um grupo de jovens militares do reino de Silla formaram uma tropa de elite denominada Hwo Rang Do, semelhante aos samurais japoneses, desenvolvendo uma forma de luta com os pés e mãos, como o Soobak (KIM, 2006).

Esse grupo era regido por um rigoroso código de honra, resumido em cinco itens: obedecer ao rei; respeitar o país; ser leal para com os amigos; nunca recuar diante do inimigo; só matar quando não tiver alternativa. O Hwo Rang Do e seu código constituíram-se pedra fundamental da filosofia desenvolvida pelo TKD (WOO, 1988).

##### **FILOSOFIA E OBJETIVO NO TAEKWONDO**

Se o ser humano mantém-se em perfeito estado de saúde, poderá demonstrar agilidade em suas atividades e disposição para alcançar suas metas, enquanto que o homem de saúde deficiente poderá até perder o estímulo para trabalhar. Este estímulo está mais relacionado a emoções do que intelecto e, está também relacionado a elementos éticos (BARROS, 2006).

O TKD 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).

Ao praticar TKD, 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 TKD 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 TKD transformou-se em elemento essencial para preservar e manter a ordem das funções humanas (KIM, 2006).

### **EXPLICAÇÃO SOBRE A GRADUAÇÃO NO TAEKWONDO**

As diferentes graduações do taekwondista são observadas pela cor da faixa, sendo que Gub significa faixa colorida e Dan significa graduação (preta).

Os Gubs obedecem à seguinte ordem decrescente seguidos pelos Dans na seguinte ordem crescente (KIM, 1995):

10<sup>a</sup> Gub – faixa branca (Início – Pureza) um iniciante ingressa no TKD sem possuir conhecimento profundo;

9<sup>a</sup> Gub – faixa branca com ponteira amarela;

8<sup>a</sup> Gub – faixa amarela (Terra – Riqueza);

7<sup>a</sup> Gub – faixa amarela com ponteira verde;

6<sup>a</sup> Gub – faixa verde (Planta – Vida);

5<sup>a</sup> Gub – faixa verde com ponteira azul;

4<sup>a</sup> Gub – faixa azul (Céu – Liberdade);

3<sup>a</sup> Gub – faixa azul com ponteira vermelha;

2<sup>a</sup> Gub – faixa vermelha (Sol – Perigo);

1<sup>a</sup> Gub – faixa vermelha com ponteira preta;

1<sup>a</sup> Dan – faixa preta (Dignidade);

A faixa preta vai do 1<sup>a</sup> ao 10<sup>a</sup> Dan (KIM, 1995).

## 5. FADIGA

A fadiga muscular é considerada como uma falha para manter um nível desejado de rendimento ou trabalho durante uma atividade repetitiva ou sustentada (Gonçalves, 2006). A fadiga muscular possui sua etiologia multifatorial e sua origem e extensão depende da especificidade do exercício, do tipo de fibra muscular e do nível de aptidão física. A fadiga muscular tem sido estudada, devido saber que ela pode influenciar a propriocepção, o controle motor e ser um dos fatores de risco para ocorrência de lesões por sobrecarga (ASCENSÃO et al. 2003). Por esse processo pode ser definido como a redução na capacidade máxima de gerar força e potência muscular (DA SILVA; GONÇALVES, 2003). Em um exercício sub-máximo prolongado a diminuição dos estoques de glicogênio muscular leva a incapacidade do músculo em produzir sua contração. Por maior que seja a oferta de oxigênio à essa célula, ela não conseguirá produzir energia na ausência de seu principal substrato. (GUYTON; HALL, 2002). Já nos exercícios de alta intensidade e curta duração a principal causa da -falência- muscular e conseqüente interrupção do exercício se dá pela falta de oxigênio e um aumento drástico na concentração de ácido láctico. Nesse caso também ocorre uma depleção rápida das reservas energéticas de -consumo imediato- existentes dentro da célula (compostos principalmente por fosfato e aminoácidos específicos - conhecidos como sistema ATP-CP).

Quatro sítios de localização podem ser os produtores (ou responsáveis) pela -geração- da fadiga:

- *Sistema nervoso central;*
- *Sistema nervoso periférico;*
- *Junção neuromuscular*
- *Função das fibras musculares*

No sistema nervoso central ocorre o comando de todas as atividades voluntárias realizadas pela musculatura. Recentemente o conceito de fadiga central tem sido cada vez mais aceito e valorizado. Por mecanismos ainda não bem definidos, o cérebro agiria, de forma inconsciente, como fator limitante nas atividades físicas extenuantes. Esse comando, para que movimentos musculares sejam interrompidos, seria uma forma de evitar lesões em músculos e até mesmo em outros órgãos como o coração, já que essas estruturas estariam perto do limite da sua produção energética. Ao ultrapassar essa capacidade máxima de produzir energia, esses músculos e órgãos estariam correndo um grande risco de lesão. Esse limite teria sido percebido por neurônios sensores que distribuídos por esses órgãos informam ao comando central (cérebro) através de impulsos elétricos. O sistema nervoso periférico é o responsável por essa sensibilidade e



pela transmissão de impulsos tanto para a produção de atividade muscular quanto para sua parada (ARRUDA, 2006).

A junção neuromuscular é o local de transição entre o nervo periférico e as células musculares produtoras de movimento. Existem várias substâncias nessa junção que intermediam os comandos que foram emitidos pelo cérebro e chegaram até o músculo através dos nervos periféricos. Ao chegar na junção esse impulso elétrico libera substâncias (como a serotonina) que são responsáveis pelo estímulo de contração realizado pelas fibras musculares. Ao ocorrer esse estímulo a célula muscular utiliza suas reservas de geração de energia e busca na corrente sanguínea uma suplementação desses substratos (carboidrato, gorduras e proteínas) (ARRUDA, 2006).

### **5.1 FADIGA RELACIONADA AOS NUTRIENTES**

A depleção acentuada de glicogênio hepático e muscular durante o exercícios induz fadiga, apesar da disponibilidade de oxigênio suficiente para o músculo e de um potencial quase ilimitado de energia proveniente da gordura armazenada. Os atletas de endurance se referem comumente a essa extrema sensação de fadiga como desfalecimento ou “pancada na cabeça”. ( A imagem de ter sido golpeado na cabeça sugere uma incapacidade de continuar se exercitando, o que na verdade não ocorre, apesar de haver dor nos músculos ativos e de a intensidade do exercícios diminuir acentuadamente. ) o músculo não contém a enzima fosfatase ( presente no fígado) que libera glicose a partir das células: assim sendo, os músculos relativamente inativos retêm todo o seu glicogênio. Ainda não foi esclarecido por que a depleção de glicogênio hepático e muscular durante o exercício prolongado reduz a capacidade de exercitar-se. Parte da resposta está relacionada:

- A utilização, pelo SNC, da glicose sanguínea para a obtenção de energia;
- Ao papel do glicogênio muscular como “ativador”no catabolismo das gorduras;
- Ao ritmo muito mais lento de liberação de energia a partir da gordura, em comparação com o fracionamento dos carboidratos.

### **5.2 FUNÇÕES DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL NA MECÂNICA DO MOVIMENTO HUMANO**

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-esqueléticas seja capaz de produzir a quantidade de força exigida para realizar o movimento desejado (LEHMKUHL; SMITH, 1989). Portanto, a todo instante o SNC recebe informações e cabe a ele priorizar quais são as necessidades exigidas para executar a tarefa. São três as funções básicas para gerar o movimento: (1) excitabilidade resultante de um estímulo proveniente de um receptor, que antecede a integração e o processamento do estímulo (ENOKA, 2000); (2) condução, correspondente ao sinal transmitido para o sistema nervoso (via aferente) ou partir dela (via eferente) e (3) integração e regulação que, processadas pelo SNC, possibilitam o controle e a coordenação de respostas motoras apropriadas (FOSS; KETEVIAN, 2000).

Para que haja o 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, OTG) e (2) exteroceptores que detectam estímulos externos (ouvidos, olhos e os receptores da pele), (ENOKA, 2000).

### **5.2.1 TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES**

O diâmetro das fibras musculares varia de 10 a 80 micrômetros, sendo praticamente invisíveis a olho nu. Cada fibra muscular é inervada 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 o sistema nervoso e muscular (GUYTON, 1998).

Portanto, 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; KETEVIAN, 2000). Sendo assim, as fibras de contração lenta têm um predomínio aeróbio, enquanto as do tipo de contração rápida são anaeróbias (MCARDLE; KATCH; KATCH, 1998). As fibras de contração lenta (CL) levam aproximadamente 110ms para atingir a tensão máxima quando estimulada. As fibras de contração rápida (CR), por outro lado, podem atingir a tensão máxima em cerca de 50ms (GUYTON, 2002).

### Características funcionais e estruturais dos três tipos de fibras musculares esqueléticas

|                                      | Fibras oxidativas Lentas (tipo I) | Fibras oxidativas Rápidas (tipo IIa) | Fibras glicolíticas (tipo IIb) |
|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| <b>Características metabólicas</b>   |                                   |                                      |                                |
| <b>Velocidade de contração</b>       | Baixa                             | rápida                               | Rápida                         |
| <b>Atividade ATPásica da miosina</b> | Baixa                             | rápida                               | Rápida                         |
| <b>Passos para a síntese de ATP</b>  | Aeróbico                          | aeróbico                             | Anaeróbico                     |
| <b>Concentração de mioglobina</b>    | Alta                              | alta                                 | Baixa                          |
| <b>Reserva de glicogênio</b>         | Baixa                             | média                                | Alta                           |
| <b>Ordem de recrutamento</b>         | Terceira                          | segunda                              | Primeira                       |
| <b>Resistência à fadiga</b>          | Alta                              | média                                | Baixa                          |
| <b>Características estruturais</b>   |                                   |                                      |                                |
| <b>Cor</b>                           | Vermelha                          | vermelho-rosa                        | Branca                         |
| <b>Diâmetro da fibra</b>             | Pequeno                           | médio                                | Grande                         |
| <b>Mitocôndria</b>                   | Muitas                            | muitas                               | Poucas                         |
| <b>Capilares</b>                     | Muitos                            | muitos                               | Poucos                         |

Quadro 1: Demonstração das características metabólicas e estruturais das fibras (WERNER et al. 2005).

#### 5.2.2 ASPECTOS MORFOLÓGICOS DA FIBRA MUSCULAR

Para gerar o movimento são necessárias forças internas e externas que agem sobre o corpo (AMADIO; DUARTE, 1996). Na produção de força interna, os músculos transformam energia metabólica em contração por meio de suas estruturas, pois cada fibra muscular é uma célula multinucleada, longa, cilíndrica e é envolvida por uma membrana denominada sarcolema e uma célula muscular que é envolta por uma lâmina basal e células satélites. O sarcolema projeta longos processos digitiformes, chamados de túbulos T, para o citoplasma da célula o sarcoplasma. Esses túbulos são responsáveis pela contração uniforme de cada fibra muscular esquelética e eles se conectam com o retículo sarcoplasmático, que regulará a concentração intracelular de cálcio. Com relação ao sarcoplasma, ele é similar ao citosol de outras células, porém, esse contém

inúmeros grânulos de glicogênio e quantidades substanciais de mioglobina (armazenam oxigênio) (MCARDLE; KATCH; KATCH, 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).

As fibras são formadas por miofibrilas, que são os elementos contráteis do músculo esquelético. As miofibrilas aparecem como longas faixas de subunidades ainda menores que são os sarcômeros. As miofibrilas contêm os filamentos formados por proteínas contráteis: os filamentos delgados (contêm actina) e os filamentos espessos (contêm miosina) (WILLIAM et al. 2002; GUYTON, 1998).

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 ATP a partir do fosfato creatina e do ADP. 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)

**Figura 1: Estruturas do sarcômero e o deslizamento dos filamentos de proteínas actina e miosina (WERNER et al. 2005).**

### 5.2.3 FILAMENTOS DE MIOSINA

Cerca de dois terços das proteínas totais do músculo esquelético correspondem à miosina. Cada filamento de miosina tipicamente é formado por cerca de 200 moléculas de miosina alinhadas lado a lado (DANTAS, 2003).

Cada molécula de miosina é composta por dois filamentos protéicos retorcidos conjuntamente. Uma extremidade de cada filamento é envolta numa cabeça globular denominada cabeça da miosina. Cada filamento contém várias dessas cabeças, as quais formam protusões no filamento da miosina para formar pontes cruzadas que interagem durante a ação muscular com sítios ativos especializados sobre os filamentos de actina. Existe um conjunto de filamentos finos, composto por titina, que estabiliza os filamentos de miosina no eixo longitudinal. Esses filamentos possuem aproximadamente 5nm de diâmetro e 1 micrômetro de comprimento (DANTAS, 2003; GUYTON, 2002).

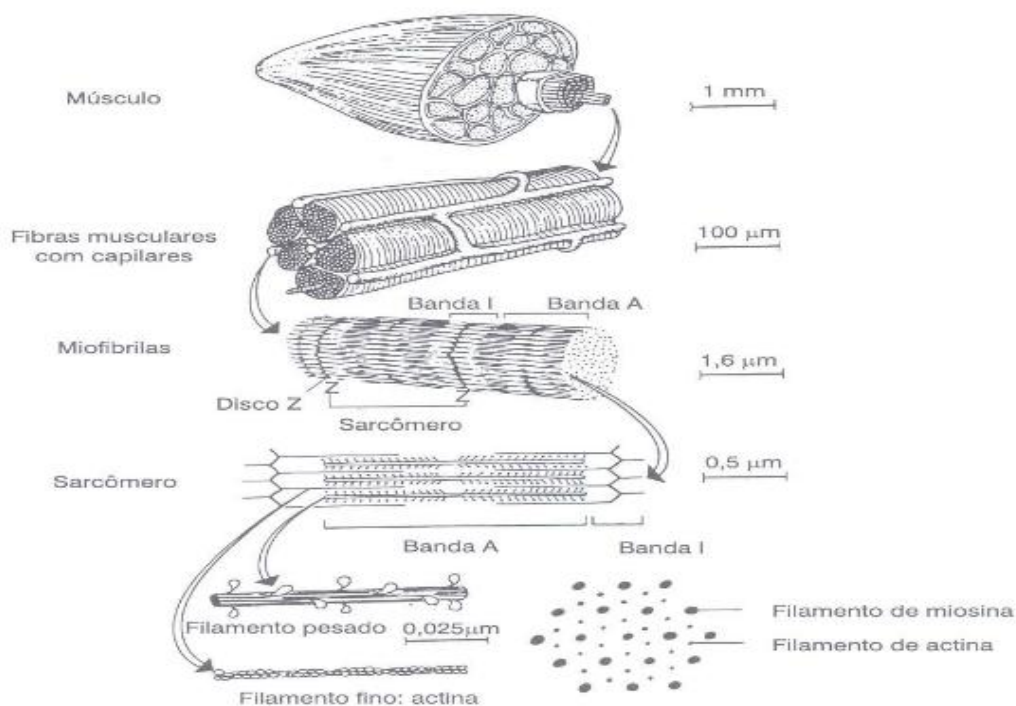
### 5.2.4 FILAMENTOS DE ACTINA

Cada filamento de actina possui uma extremidade inserida numa linha Z, com a extremidade oposta se estendendo em direção ao centro do sarcômero, no espaço entre os filamentos de miosina. Cada filamento de actina contém um sítio ativo ao qual a cabeça da miosina pode se ligar (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2002).

Cada filamento fino, embora denominado simplesmente de filamento de actina, na realidade é composto por três moléculas protéicas diferentes: Actina, Tropomiosina, Troponina. (WILLIAM et al. 2002).

A actina forma a estrutura de suporte do filamento. As moléculas de actina são globulares e se unem para formar filamentos de moléculas de actina. Dois filamentos então se retorcem num padrão helicoidal, de maneira muito similar que duas correntes de pérolas são retorcidas conjuntamente. Cada molécula de actina possui um sítio de ligação ativa que serve como ponto de contato com a cabeça da miosina (WILLIAM et al. 2002).

A tropomiosina é uma proteína em forma de tubo que se retorce em torno dos filamentos de actina, encaixando-se na incisura existente entre eles. A troponina é uma proteína mais complexa que se fixa em intervalos regulares, tanto nos filamentos de actina quanto nos de tropomiosina. A tropomiosina e a troponina atuam em conjunto de uma maneira intrincada com os íons cálcio para manter o relaxamento ou iniciar a ação da miofibrila (GUYTON, 2002).



**Figura 2: Estrutura do músculo a partir de seu aspecto macroscópico até o molecular. Cada fibra muscular (célula) contém proteínas contráteis, chamadas miofibrilas, que são estriadas. Cada estria contém filamentos finos (actina) e pesados (miosina) ordenados em unidades contráteis chamadas sarcômeros. Os capilares rodeiam as fibras musculares. (PENA et al. 2007).**

### 5.2.5 A TEORIA DO FILAMENTO DESLIZANTE PARA CRIAÇÃO DO MOVIMENTO

Quando as pontes cruzadas da miosina são ativadas, elas se ligam fortemente à actina, resultando numa alteração da conformação da ponte cruzada, a qual faz com que a cabeça da miosina incline em direção ao braço da ponte cruzada e tracione os filamentos de actina e de miosina em direções opostas. A tração do filamento de actina sobre o de miosina resulta no encurtamento e na geração de força. (DANTAS, 2003; GUYTON, 2002).

Sendo assim, quando as fibras não estão se contraindo, a cabeça da miosina permanece em contato com o sítio de ligação de miosina, mas a ligação molecular no local é enfraquecida ou bloqueada pela tropomiosina (DANTAS, 2003). Imediatamente após ocorrer a inclinação da cabeça da miosina, ela se separa do sítio ativo, roda de volta à sua posição original e se fixa a um novo sítio ativo mais distante ao longo do filamento de actina. Fixações repetidas e ligações fortes fazem com que os filamentos deslizem entre si dando origem ao termo filamento deslizante. Esse processo continua

até as extremidades dos filamentos atingirem as linhas Z. Durante esse deslizamento (contração) os filamentos de actina são trazidos mais próximos uns dos outros e formam uma protusão na zona H, onde, finalmente, eles se sobrepõem. Quando isso ocorre, as zonas H deixam de ser visíveis (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2002).

### **5.2.6 A ENERGIA PARA A AÇÃO 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 ATP (adenosina trifosfato). A molécula de miosina tem de se ligar à ATP para que ocorra a ação muscular, pois a ATP fornece a energia necessária (WERNER et al. 2005).

A enzima ATPase, localizada sobre a cabeça da miosina, quebra a ATP produzindo ADP (adenosina difosfato), Pi (fosfato inorgânico) e energia. A energia liberada nessa degradação da ATP é utilizada para ligar a cabeça da miosina ao filamento de actina. Portanto, a ATP é a fonte energética química de ação muscular. A ATP é formada por uma adenina ligada a uma ribose, que está ligada ao seu grupo fosfato que, por sua vez, liga-se a mais dois fosfatos. Ela é uma estrutura armazenadora de energia bastante instável. Isso se dá pelo fato de os três grupos fosfatos serem muito negativos, havendo uma repulsão entre eles. A saída desses grupos fosfatos dá estabilidade ao composto (DANTAS, 2003; MCARDLE; KATCH; KATCH, 2002).

Essa energia provinda da ATP 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 ATP, a fim de que se consiga manter o processo contrátil. Esse restabelecimento das concentrações de ATP pode ser ocasionado por três mecanismos – interação da creatina fosfato com o ADP; glicólise e fosforilação oxidativa (WILLIAM et al. 2002; GUYTON, 2002).

### **5.2.7 VIA ANAEROBIA - SISTEMA ATP-CP OU ANAERÓBIO ALÁTICO**

É o primeiro sistema a agir. O organismo lança mão de suas reservas que poderiam ser chamadas de emergência, usando a energia proveniente do sistema ATP-CP ou adenosina trifosfato-fosfato de creatina. Como esse mecanismo é independente da presença de oxigênio e não há formação de ácido láctico, essa via é denominada anaeróbia alática (ARANTES, 2003).

A concentração de ATP celular é, em média, de 2,43 mmoles/100g de tecido seco, sendo essa reserva totalmente consumida em dois segundos, correspondendo à energia responsável talvez para um velocista apenas sair de sua marca. Passa então o organismo a utilizar a reserva de creatina-fosfato (CP), calculada em termos de 6,78 mmoles/100g de tecido seco, que é consumida até a altura de 0,10s de exercício.

Neste mecanismo, a primeira enzima que se ativa é a creatina fosfoquinase (CPK), a qual quebra a molécula de CP e assim a energia liberada é usada na ressíntese de ATP. As principais características desse sistema são alta potência, liberando grande energia em um espaço pequeno de tempo e baixa capacidade (ARANTES, 2003).

### **5.2.8 METABOLISMO GLICOLITICO OU ANAERÓBIO LÁTICO**

Quando há necessidade de disponibilidade energética, o glicogênio volta à forma de glicose e por uma série de reações, em que a enzima chave é a fosfofrutoquinase, chega até ácido pirúvico. A essa altura duas situações poderiam ocorrer, se houver altas ou baixas taxas de oxigênio a nível celular. Em condições nas quais a taxa de oxigênio é baixa, o ácido pirúvico será metabolizado formando duas unidades de ATP e ácido láctico, sendo esta via a anaeróbia láctica (DENADAI, 2000).

Esse sistema opera predominantemente até 30-40s do exercício intenso, sendo sua contribuição fundamental para eventos, como corridas de 400m ou provas de 100m nos diferentes tipos de estilos de natação. Comparando ao sistema ATP-CP, o processo glicolítico, é de menos potência e de maior capacidade (WEINECK, 1989).

### **5.2.9 VIA AERÓBIA**

As reações anaeróbias de glicólise liberam apenas cerca de 10% da energia contida dentro da molécula original de glicose; assim sendo, a extração da energia restante requer uma via metabólica adicional. Isso ocorre quando o piruvato sofre conversão irreversível para acetil-CoA, que é uma forma de ácido acético. Acetil-CoA penetra no segundo estágio do fracionamento dos carboidratos, conhecido como ciclo de Krebs (ou, de uma maneira mais descritiva, ciclo do ácido cítrico ou do ácido tricarbóxico) (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2002).

Durante o fracionamento da glicose no músculo esquelético, dois ATP (ganho efetivo) são formados pela fosforilação ao nível do substrato da glicólise; de maneira semelhante, dois ATP provêm da degradação de acetil-CoA no ciclo Krebs. Os 24



átomos de hidrogênio liberados (e sua oxidação subsequente) podem ser assim explicadas:

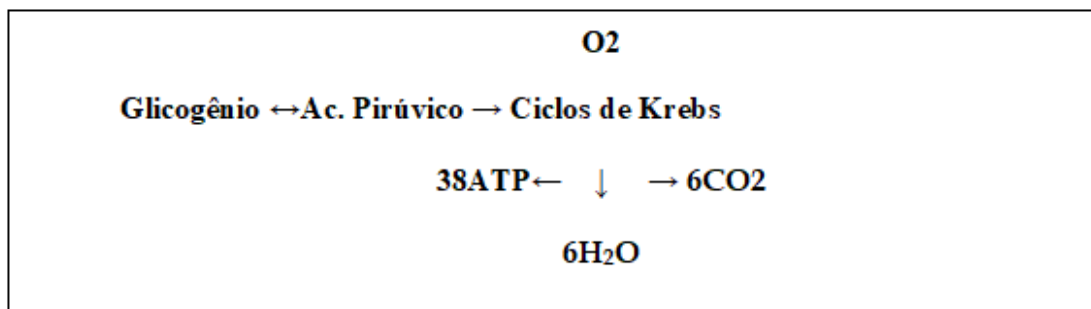
Quatro hidrogênios extramitocondriais (2NADH) gerados na glicólise produzem 4 ATP(6ATP no coração, rins e fígado);

Quatro hidrogênios (2NADH) liberados como piruvato são degradados para acetil-CoA a fim de produzir 6ATP;

Doze dos 16 hidrogênios (6NADH) liberados no ciclo de Krebs produzem 18 ATP;

Quatro hidrogênios que se uniram ao FAD (2 FADH<sub>2</sub>) no ciclo de Krebs produzem 4 ATP.

Trinta e oito ATP representam a produção total de ATP a partir do fracionamento completo de uma única molécula de glicose. Entretanto, levando-se e, conta 2 ATP são fosforilados inicialmente para glicose, 36 moléculas de ATP representam o rendimento efetivo de ATP a partir do fracionamento completo da glicose no músculo esquelético. Quatro moléculas de ATP são formadas diretamente pela fosforilação ao nível do substrato (glicólise e ciclo de Krebs). Em contrapartida, ocorre a regeneração de 32 moléculas de ATP durante a fosforilação oxidativa (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2002).



**Figura 3: Formação de ATP na via aeróbia (ARANTES, 2003).**

### **5.2.10 FISILOGIA DA CONTRAÇÃO MUSCULAR**

Para gerar uma contração muscular é necessário que uma onda de despolarização que se propaga pela membrana das fibras musculares em resposta à chegada de um impulso nervoso seja desencadeada. Esse fenômeno acontece porque as fibras musculares esqueléticas são inervadas por neurônios motores da medula espinhal

(junção neuromuscular), que tem, no final de seus axônios, vesículas sinápticas armazenadoras do neurotransmissor acetilcolina. Quando um impulso nervoso atinge esse local, canais de voltagem para cálcio se abrem na membrana do axônio, levando à fusão das vesículas sinápticas com a membrana do mesmo, liberando, dessa forma, acetilcolina. A acetilcolina, agora na fenda sináptica, ligar-se-á aos receptores nicotínicos do sarcolema, proporcionando a abertura de canais de sódio e potássio (WERNER et al. 2005; GUYTON, 2002).

A despolarização é transmitida até o interior da fibra muscular, uma vez que o sarcolema apresenta invaginações transversais à superfície da fibra – os túbulos T. Justapostas aos túbulos T, encontram-se cisternas do retículo sarcoplasmático, que respondem à mudança do potencial de membrana com liberação de  $\text{Ca}^{+2}$  para o sarcoplasma. A concentração de  $\text{Ca}^{+2}$  no retículo sarcoplasmático, de um músculo em repouso, é mantida muito alta se comparada com a concentração do sarcoplasma. Isso ocorre graças à ação da bomba de cálcio dependente de ATP ( $\text{Ca}^{+2}$  – ATPase) presente na membrana do retículo. A chegada do impulso nervoso torna a membrana do retículo sarcoplasmático permeável ao cálcio e provoca a passagem desse para o sarcoplasma, elevando a sua concentração (WERNER et al. 2005 ). A liberação de  $\text{Ca}^{+2}$  no sarcoplasma inicia a contração, que ocorre por encurtamento do sarcômero – devido ao deslizamento dos filamentos de actina e miosina. O  $\text{Ca}^{+2}$  liga-se à TnC, alterando a conformação da troponina que “empurra” a tropomiosina mais para o interior do sulco da actina F. Assim, os sítios ativos para ligação da miosina nas actinas são “descobertos” e as cabeças de miosina, contendo ADP-Pi em seu centro ativo, ligarão - se a ele. A formação desse complexo – actina-miosina-ADP-Pi - promove a liberação de Pi, que iniciará o impulso de força. Essa liberação é seguida pela liberação de ADP, notando-se uma ampla alteração da cabeça da miosina que puxará a actina em direção ao centro do sarcômero. Depois disso, uma nova molécula de ATP liga-se à cabeça da miosina, o que resultará na formação do complexo Miosina-ATP. Esse complexo apresenta baixa afinidade por actina, e dessa forma, a actina será liberada. O relaxamento acontece e a miosina vai começar a se “preparar”, mais uma vez, para um novo ciclo de contração. Cessada a excitação nervosa, os íons de cálcio são bombeados para dentro do retículo sarcoplasmático pela ação de um sistema ativo de transporte, denominado  $\text{Ca}^{+2}$ -ATPase, restabelecendo, dessa forma, as concentrações características do estado de repouso. A troponina C, agora sem cálcio, não desloca mais a

tropomiosina, que passa a impedir novas ligações de cabeças de miosina à actina. As cabeças de miosina, contendo ATP no centro ativo, desligam-se da actina relaxando o músculo (MCARDLE; KATCH; KATCH, 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).

### **5.3 FORÇA**

Podemos definir força muscular como o módulo do torque exercido por um músculo ou por vários músculos numa única contração isométrica máxima de duração ou não restrita (ENOKA, 2000).

Por essa definição há um único tipo de força a que é medida sob condições isométricas. Conseqüentemente, não é apropriado falar sobre força isotônica, dinâmica ou isocinética. Tradicionalmente indivíduos interessados no desempenho humano têm usado a força estática para se referir ao isométrico e a força dinâmica para medir o torque quando a velocidade é diferente de zero. Será usada uma definição restrita de força, limitada à medida do pico do torque sob condições isométricas, por isso a força pode também ser definida como o torque muscular isométrico máximo e o torque são conseqüências de interações neurais (HAMILL; KNUTZEN, 1999).

Segundo Badillo e Ayestarán (2000), a capacidade de um indivíduo para desenvolver força depende de diferentes fatores:

- Estruturais ou relacionados com a composição do músculo.
- Nervosos relacionados às unidades motoras.
- Relacionados com o ciclo alongamento-encurtamento.
- Hormonais.

#### **5.3.1 POTÊNCIA MUSCULAR**

A potência é definida como a velocidade de realização de trabalho, ou seja, a quantidade de trabalho realizado por unidade de tempo (dada em  $W = \text{watts}$ ). Como o trabalho é igual à mudança na energia, a potência também pode ser considerada em termos de velocidade de mudança na energia. 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 (ATP) (HALL, 2000).

Sendo assim, força e potência são medidas da atuação do sistema motor, e para distinguir esses dois parâmetros é importante considerar a relação força x velocidade do músculo (ENOKA, 2000).

Muitos pesquisadores têm quantificado tradicionalmente as capacidades de desempenho por meio da força estática e da força dinâmica. Sabe-se com base na relação torque x velocidade que o torque máximo que um músculo pode exercer diminui à medida que a velocidade de encurtamento aumenta. Isso significa que medidas de força dinâmica e potência muscular dependem em grande parte da velocidade com que o comprimento do músculo se altera (HAMILL; KNUTZEN, 1999).

Além disso, uma caracterização perfeita da força dinâmica requer que o torque máximo seja medido em várias velocidades diferentes. Esses procedimentos podem ser simplificados como a obtenção da medida do pico da potência produzida pelo sistema que representa a combinação de força e velocidade e produz o efeito mecânico máximo (HALL, 2000).

Dando ao músculo um impulso neural adequado, os principais determinantes da produção de potência são o número de fibras musculares ativadas em paralelo e a velocidade com que os miofilamentos podem converter energia em trabalho mecânico. A força que o músculo pode exercer é proporcional ao número de unidades geradoras de força em paralelo; a força muscular aumenta com a área de secção transversa. Embora a produção de potência seja máxima quando a força muscular é de cerca de um terço do máximo, a produção de potência aumenta à medida que o músculo se torna mais forte (a área de secção transversa aumenta) e assim o valor de um terço aumenta (HALL, 2000).

Uma explicação similar aplica-se ao efeito da velocidade do músculo sobre a produção de potência. A velocidade máxima na qual um músculo pode encurtar-se ( $v_{m\acute{a}x}$ ) é determinada pela enzima miosina ATPase. Essa enzima controla a velocidade de interação entre actina e miosina e, assim, a velocidade de ciclagem das pontes transversas. A quantidade de atividade da miosina ATPase pode mudar com alterações nos níveis de atividade física. A produção de potência é máxima quando a velocidade de encurtamento é cerca de um quarto da  $v_{m\acute{a}x}$  (HAMILL; KNUTZEN, 1999).

### **5.3.2 CONTRAÇÕES EXCÊNTRICAS-CONCÊNTRICAS**

A capacidade de um músculo transformar energia mecânica (elástica) para realizar trabalho positivo e produzir potência é conhecida como armazenagem e utilização de energia elástica e ocorre durante uma contração excêntrica-concêntrica.

Quando um músculo realiza uma contração excêntrica antes de uma contração concêntrica, ele é capaz de realizar mais trabalho positivo durante a contração com encurtamento. Essa melhora de desempenho é atribuída, ao menos em parte, à habilidade do músculo para armazenar energia durante o alongamento (contração excêntrica) e depois usar essa energia durante a contração concêntrica (HALL, 2000).

Essa associação indica que a energia adicional fornecida pela contração excêntrica-concêntrica representa uma contribuição significativa para potência produzida por esses músculos. Isso ocorre provavelmente porque usamos intuitivas contrações excêntricas-concêntricas para a maioria dos movimentos (HAMILL; KNUTZEN 1999).

### **5.4 TREINAMENTO DAS PRINCIPAIS FORMAS DE EXIGÊNCIA MOTORA**

São duas as principais formas de exigência motora:

1. Qualidade em que predomina a condição física:resistência, força e 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:** A capacidade de velocidade manifesta-se na possibilidade de o 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 complexa; 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 a qualidade que tem o atleta de poder 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 otimizando 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).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dessa revisão bibliográfica demonstram que, uma das formas de induzirmos a fadiga é por meio da contração muscular isométrica, que ocorre quando um músculo se contrai sem mudança apreciável no seu comprimento ou sem movimento articular visível. Embora não seja realizado o movimento angular, uma grande quantidade de tensão e rendimento de força é produzida pelo músculo (DA SILVA; GONÇALVES, 2003).

De acordo com Gonçalves (2002) que utilizou o protocolo biomecânico, no qual solicita-se a máxima contração isométrica voluntária em um período de 30 segundos antes e depois de realizar contrações isotônicas com 15%, 25% e 50% da carga máxima, com duração de 1 minuto. Ao qual registra-se o valor de RMS de determinado músculo, entre o tempo inicial e final do movimento, no intuito de poder observar o desenvolvimento do processo de fadiga muscular através da correlação do valor da RMS com o tempo. Podendo ser esse protocolo associado à quantificação da força por meio do acoplamento de um Dinamômetro Isocinético (BARBOSA; GONÇALVES, 2005).

Outros autores propoem avaliar a fadiga muscular por meio de um espectro de sinal, demonstrando a redução da frequência média e mediana (KUMAR, 2006). Essa redução durante a fadiga muscular, ocorre predominantemente pela diminuição da velocidade de condução do potencial de ação, em consequência, do aumento das concentrações de lactato durante o exercício e diminuição do pH (ASCENSÃO et al. 2003).

Ainda que os resultados deste estudo demonstrem que a fadiga muscular foi analisada por contrações isométricas ou isotônicas por meio de dinamômetro ou por meio de eletromiografia, é um dos recursos, para análise da fadiga. O tipo de treinamento é essencial para diferenciar cada modalidade e preparar os atletas para a competição, sendo que o tempo de treinamento pode ser diferenciado pela técnica de execução habilidosa, motivação e percepção, podendo apresentar diferenças de indivíduo para indivíduo, o que faz com que a experiência em realizar a tarefa a ser executada dependa do nível de desenvolvimento e maturidade do indivíduo (SINGER, 1980). A motivação e a percepção fazem parte da identificação do estímulo, as quais permitem ao sistema nervoso central descobrir e definir o estímulo apresentado (SCHMIDT, 1993). Elas ocorrem no sistema límbico, que é crucial para a habilidade humana para aprender com base na experiência (ENOKA, 2000).

Para o desenvolvimento da técnica, é necessário treinamento contínuo e objetivo para que os atletas alcancem nível ótimo de força nas atividades específicas. Por isso, cada especialista deve definir claramente suas prioridades: tipo de exercício realizado, ângulos das articulações, modos de contração, velocidade de execução e fontes energéticas predominantes, entre outros (BADILLO; AYESTARÁN, 2001).

O estudo analisado de uma arte marcial, que é uma modalidade que tem o predomínio anaeróbio, o qual gera energia rapidamente por curtos períodos sem oxigênio, demonstra que, à medida que o exercício explosivo progride para 60 segundos de duração e ocorre uma ligeira redução do rendimento de potência, a maior parte da energia ainda terá origem nas vias anaeróbias. Entretanto, essas reações metabólicas envolvem também o sistema de energia da glicólise em curto prazo, com o subsequente acúmulo de lactato. À medida que a intensidade do exercício diminui e a duração é prolongada para 2 a 4 minutos, a dependência da energia proeminente dos fosfagênios intramusculares e da glicólise anaeróbia diminui e a produção aeróbia de ATP torna-se cada vez mais importante (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2002). A modalidade analisada têm, em campeonatos oficiais, um combate três rounds de dois minutos por um minuto de descanso (KIM, 2006) e muitas vezes a queda do desempenho em uma luta é visualizada pela queda na boa execução técnica dos movimentos. Esse mau desempenho dos movimentos é atribuído ao preparo não eficiente da técnica de luta. Segundo Machado et al. 2010, que analisou atletas de taekwondo e kick boxing, com diferente tempos de treinamentos, constatando por meio da eletromiografia, que os atletas de TKD, possuem o mesmo recrutamento muscular que os atletas de KB, onde possuem um tempo de treinamento inferior.

Porém, como afirmam Badillo; Ayestarán, 2001, a força desempenha um papel decisivo na boa execução técnica. Em muitos casos, a falha técnica não ocorre por falta de coordenação ou habilidade, mas por falta de força nos grupos musculares que intervêm em uma fase concreta do movimento.

Lin et al. 2006 estudaram atletas de elite da equipe da Tailândia de TKD de diferentes pesos, sendo homens e mulheres, e constataram que os atletas, apesar do poder de resistência anaeróbio relativamente pobre, eram ainda bem sucedidos em competições internacionais porque compensavam a capacidade anaeróbia mais baixa com habilidade e experiência excelentes.

De acordo com Verkhoshanski, 2001; Zakharov 2003, a preparação física tem papel determinante na interligação com a preparação técnica, sendo condição básica



para sua assimilação, pois o nível técnico exerce influência sobre a preparação física, acelerando ou impedindo seu desenvolvimento nas modalidades esportivas de “contato”, em que o combate ocorre com o confronto imediato dos atletas. O significado da tática para a obtenção dos objetivos é muito grande, porque é necessário superar permanentemente as ações do adversário, o que exige uma aplicação diversificada e inteligente de ações táticas.

No estudo de Bouhlel et al. 2006 os atletas de elite foram analisados após os combates simulados, demonstrando que o TKD exige altos níveis de aeróbio e aptidão física anaeróbia. Entretanto, o significativo aumento do lactato no sangue durante a competição simulada indica que o metabolismo anaeróbio é igualmente importante em TKD. A correlação observada entre exercícios específicos e a competição simulada de TKD sugeriu que tais exercícios fossem usados na formação para desenvolver o metabolismo aeróbio e/ou anaeróbio de acordo com a duração do exercício. Durante uma seqüência intensa de ataque, o metabolismo anaeróbio é importante, e no contra-ataque (momento de espera para aplicar o golpe), o metabolismo aeróbio deve ser predominante. A contribuição relativa do metabolismo anaeróbio ou aeróbio não é clara. Depende provavelmente de muitos fatores, tais como, a técnica do atleta, a técnica do rival, e/ou a importância da competição. No estudo de Han et al. 2006, os atletas de Taekwondo apresentaram um nível de ansiedade superior aos esportes de equipe, e isso tem influências no desempenho do atleta durante a competição.

Sendo assim, a importância da técnica esportiva é fundamental para algumas modalidades, porque é um processo de desenvolvimento, geralmente pela prática, para resolver racional e economicamente um problema motor determinado. A técnica de uma modalidade esportiva corresponde a certo tipo motor ideal que, mesmo conservando seus caracteres motores, pode sofrer uma modificação que corresponda aos dados individuais. Nos esportes que exigem força de explosão, num curto espaço de tempo e ao desenvolvimento máximo de força, é preciso uma grande habilidade técnica; nos esportes de combate e nos esportes coletivos, a técnica influencia prioritariamente na solução de situações complexas de combates ou de jogo (WEINICK, 2003).

Portanto, o tipo de treinamento é essencial para o desenvolvimento do atleta condicionando a realizar quantidade de chutes com técnicas de ataque e de contra-ataque.

Após levantamento literário e a análise de estudos verificou-se que a determinação da fadiga muscular por protocolos dependentes, está relacionado a forma de treinamento, seja resistência, força ou velocidade, que influenciará no desempenho muscular dos atletas, melhorando sua capacidade, tornando-os capazes de recrutar um número maior de fibras.

Atualmente a eletromiografia é utilizada como recurso na identificação da fadiga muscular, tendo seu estudo despertado grande interesse por meio de vários protocolos propostos.

Portanto, para haver uma melhora no desempenho muscular, é necessário conhecimento sobre as solicitações metabólicas envolvidas em tais exercícios, sobre o desenvolvimento da técnica e também da tática do atleta.

## REFERÊNCIAS

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

ARANTES, Ana Amélia Intriéri. **Correlação entre o pico de torque e parâmetros eletromiográficos na fadiga muscular em dinamometria isocinética**. São José dos Campos, 2003. 43 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Universidade do Vale do Paraíba.

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.

ASCENSÃO A.; MAGALHÃES J.; OLIVEIRA J.; DUARTE J.; SOARES J. Fisiologia da fadiga muscular: mecanismos de fadiga de origem central e periférica. **Revista portuguesa de ciências do desporto**. V 3 nº 1, 2003, 108-123.

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

BARBOSA, F.S.; GONÇALVES, M. Protocolo para a identificação da fadiga dos músculos eretores da espinha por meio da dinamometria e da eletromiografia. **Revista Fisioterapia em movimento**, V.18, n.4, Out/Dez, 2005.

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

BEIS, K., TSAKLIS, P., PIETER, W. Abatzides, G. Taekwondo competition injuries in Greek young and adult athletes. **European Journal of Sports Traumatology and Related Research** 2001: 23:130-136.

BOUHLELA, E et al. Heart rate and blood lactate responses during Taekwondo training and competition. **Science & Sports**. v. 21 p. 285–290, 2006.

DA SILVA, S.R.; GONÇALVES, M. Comparação de protocolos para verificação da fadiga muscular pela eletromiografia de superfície. **Revista motriz**, Rio Claro, V.9, n.1, Janeiro/Abril, 2003.

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

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

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

FARGAS, I. **Taekwon-do alta competición**. Barcelona: Totalpress, 1990.

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

GONÇALVES, A. et al. Atividade eletromiográfica dos músculos bíceps braquial sob influencia de alongamento estático após exercícios exaustivos. **Bioscience Journal**, V.18, n.2, Dezembro, 2002.

GONÇALVES, M. Eletromiografia e a identificação da fadiga muscular. **Revista brasileira de educação física**. São Paulo, V.20, n.5, Setembro, 2006.

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

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

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

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

HAN, D.H., et al. Influence of Temperament and Anxiety on Athletic Performance **Journal of Sports Science and Medicine**. v. 5, p. 381-389, 2006.

KIM, J.Y. **Arte marcial coreana taekwondo**. 1 ed. São Paulo: Thirê, 1995.

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

KUMAR, S. Localized muscle fatigue: review of three experiments. **Rev. Bras de Fisioterapia**, v.10, nº1, p. 9-28, 2006.

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

LIN, W.-L., et al. Anaerobic capacity of elite Taiwanese Taekwondo athletes. **Science Sports**, v. 21. p. 291–293, 2006.

MACHADO, S. M. ; OSORIO, R. A. L. ; SILVA, N. S. ; MAGINI, M. . Biomechanical Analysis Of The Muscular Power Of Martial Arts Athletes. **Medical & Biological Engineering & Computing**, v. 48, p. 573-577, 2010.

MARC, R. S; DOUGLAS, B. M, STEVEN, P. V. **Manual de Medicina Esportiva**. São Paulo: Manole, 2002. 93p.

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

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. 695p.

MOHSEN, K; JUDITH, W; CHRISTOPHER, M; ANTHONY, R. W. A Profile Of Olympic Taekwondo Competitors. **Journal of Sports Science and Medicine** 2006:114-12.

PENA, L.F.P., et al. Modelo de periodização clássica para a modalidade de combate kick boxing. 2007. 75f. Monografia (Especialização em Treinamento Desportivo).

ROGER, M.; ENOKA, R.M. **Bases neuromecânica da cinesiologia**. 2.ed. São Paulo: Manole, 2000.

SCHMIDT, R.A. **Aprendizagem e Performance Motora: dos princípios à prática**. São Paulo: Movimento, 1993. 227-259p.

SINGER, R. N. **Motor learning and human performance an application to Motor skills and movement behaviors**. 3. ed. New York: Macmillan, 1980. 549 p.  
Taekwondo training and competition. **Science & Sports**. v. 21 p. 285–290, 2006.

THOMPSON, W.R, VINUEZA, C. Physiological profiles of male and female Taekwondo black belts. **Sports Medicine and Training Rehabilitation**, v. 3, p.49–53, 1991.

VERKHOSHANSKI, Y.V. **Treinamento desportivo: teoria e metodologia**. Porto Alegre, 2001.

WEINECK, J. **Manual de Treinamento Esportivo**. 2 ed. São Paulo. Manole. 1989. 195p.

WEINECK, J. **Treinamento Ideal**. ed. São Paulo. Manole. 2003.

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/~crisrina/sm\\_2005\\_1\\_med7002.htm](http://www.ccb.ufsc.br/~crisrina/sm_2005_1_med7002.htm)>. Acesso em 05 junho 2008.

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

WOO, J.L. **Aprenda taekwondo**. 2.ed. Espírito Santo: Brasil-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, 2003.