



**NÚCLEO DE  
PÓS-GRADUAÇÃO**

# **Fisiologia do Exercício**

**Curso de Pós-Graduação  
Coordenação Pedagógica - IBRA**

# Sumário

<b>1. Fisiologia do Exercício</b>	<b>5</b>
Índices e Conceitos Relacionados à Fisiologia do Exercício	6
Consumo Máximo de Oxigênio ( $VO_2$ máx.)	6
Limiar Anaeróbio	7
Eficiência Mecânica	9
Técnicas e Métodos para Determinação do Limiar Anaeróbio (LA)	10
Métodos de Treinamento	11
<b>2. Treinamento em Musculação</b>	<b>15</b>
Hierarquia, Classificação e Aplicação dos Métodos de Treinamento em Musculação	17
Deve-se Organizar a Ordem ou Variações Anatômicas	17
Empregar Volume e Intensidade de Carga	17
Variações na Execução Biomecânica ou na Exigência Fisiológica	18
Efeitos Fisiológicos do Treinamento das Atividades em Academia	20
São Adaptações Metabólicas	20
São Adaptações Cardiorrespiratórias	20
Adaptações Músculo-ósseo-articulares	21
Efeitos Psicológicos e Sociais	21
Fatores Influenciadores do Treinamento	22
<b>3. Treinamento da Força Muscular</b>	<b>26</b>
Levantamento Olímpico	26
Levantamento Básico	27
Fisiculturismo	27
Como Complemento e/ou Otimização do Treinamento Desportivo	27
Treinamento da Força	27

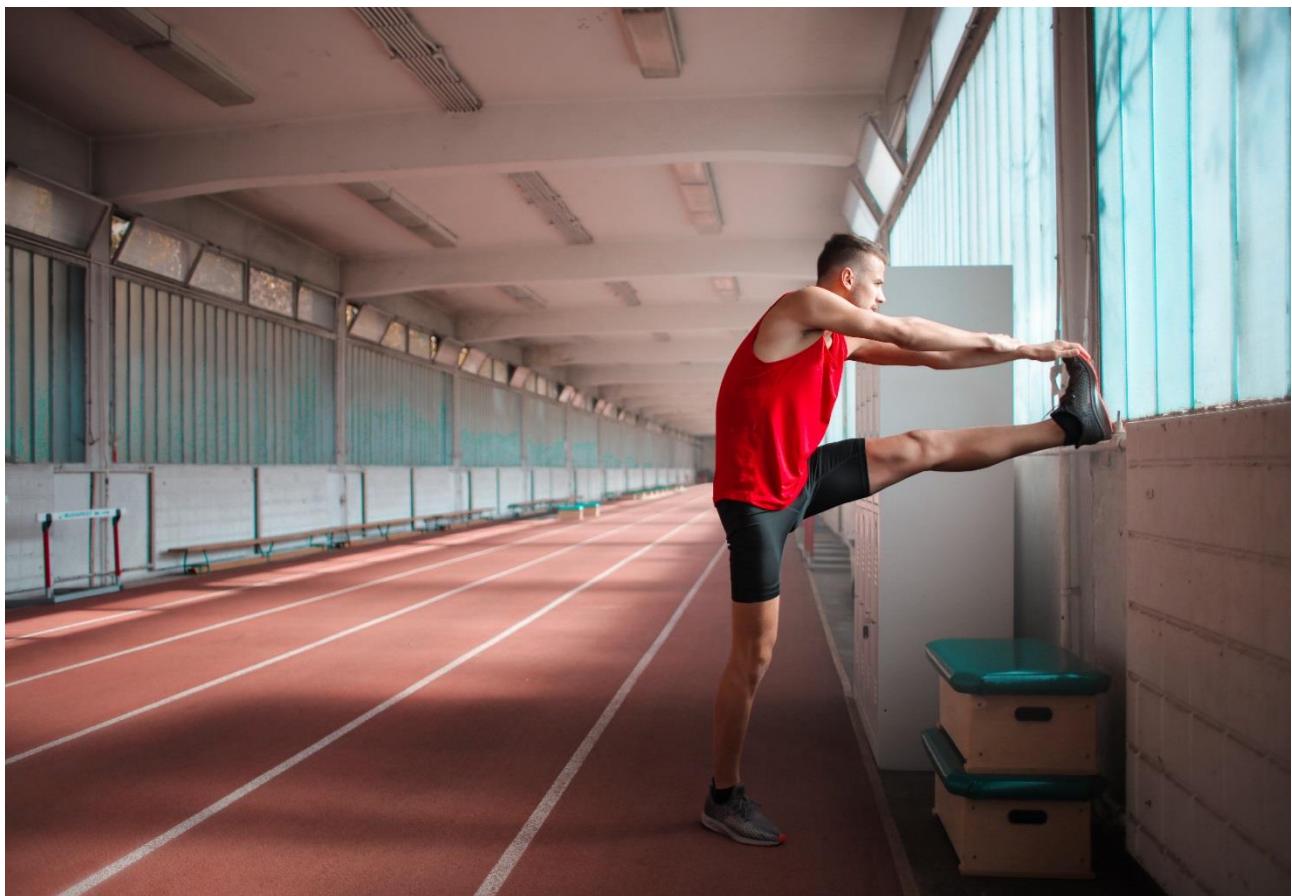
# Sumário

Treinamento com Sobrecarga	28
Treinamento de Força Máxima Hipertrófica	28
Como Executar o Treinamento	29
O Treinamento de Força Para Corredores	33
<b>4. Referências Bibliográficas</b>	<b>36</b>



GRUPO EDUCACIONAL  
**IBRA**

### 1. Fisiologia do Exercício



**Fonte:** Andrea Piacquadio<sup>1</sup>

A fisiologia é uma ciência biológica que estuda as funções (físicas, orgânicas, bioquímicas) dos seres vivos. A palavra é de origem grega, onde *physis* significa natureza e *logos* significa estudo ou conhecimento.

A fisiologia reúne importantes princípios da física, química e matemática, dando sentido às interações dos elementos básicos de um ser vivo com o meio ambiente.

Existem três grandes áreas da fisiologia:

1. Fisiologia animal (inclui a fisiologia humana e, por conseguinte, a fisiologia do exercício que nos interessa);

2. Fisiologia vegetal;

3. Fisiologia bacteriana.

Quanto ao fisiologista, este é um profissional muito importante no acompanhamento de atletas na realização dos mais variados esportes.

<sup>1</sup> Retirando em: <https://www.pexels.com/>

### Índices e Conceitos Relacionados à Fisiologia do Exercício

Alguns índices e conceitos são muito importantes no estudo da fisiologia do exercício, como o consumo máximo de oxigênio, o limiar anaeróbico, a frequência cardíaca de repouso, a frequência cardíaca máxima, a carga máxima atingida, frequência cardíaca do limiar, a massa muscular envolvida e a eficiência mecânica.

#### Consumo Máximo de Oxigênio ( $\text{VO}_2$ máx.)

É a taxa máxima que o organismo de um indivíduo tem de captar e utilizar o oxigênio do ar que está inspirando para gerar trabalho.

##### **$\text{VO}_2$ max. é diferente de $\text{VO}_2$**

$\text{VO}_2$  refere-se ao consumo de oxigênio pelo organismo numa determinada intensidade de exercício.

Tanto  $\text{VO}_2$  máx. (Consumo máximo de oxigênio) como  $\text{VO}_2$  (consumo de oxigênio) podem ser expressos em:

a. L/min (litros por minuto = litros de oxigênio absorvidos no espaço de tempo de 1 minuto, pode ser chamado de valor absoluto, ADAMS; HAMBLEN, 1994).

b. Ml/kg/min. Min-1 (mililitros por quilograma de peso por minuto =

mililitros de oxigênio absorvidos por quilograma de peso corporal no espaço de tempo de 1 minuto, pode ser chamado de valor relativo, ADAMS; HAMBLEN, 1994)

Na literatura também encontramos essas duas expressões na seguinte forma:

- l. min-1 para expressar e L/min
- ml. Kg-1. Min-1 para expressar Ml/kg/min

As expressões l. Min-1 e ml. Kg -1. Min -1 são consideradas científicamente corretas

O  $\text{VO}_2$  max. é um bom índice para que possamos classificar o nível de aptidão cardiorrespiratório, ou seja, para que possamos comparar com dados estatísticos. Todas as tabelas de classificação de aptidão física foram desenvolvidas a partir de pesquisas realizadas sobre o consumo máximo de oxigênio -  $\text{VO}_2$  máx.

Essa capacidade ( $\text{VO}_2$  máx.) é limitada por alguns fatores, como por exemplo:

- Fatores genéticos;
- Massa muscular;
- Aptidão física;
- Condicionamento físico.

Pode ser melhorada com o treinamento, porém dificilmente mais que 30%. Esses 30%, caso o indivíduo, antes de iniciar o programa de treinamento, seja uma pessoa

destreinada. Caso já seja treinado o percentual de melhora será bem menor.

Quanto maior for o nível de condicionamento físico mais difícil será aumentar essa capacidade. Em alguns casos, nem é aumentada. Por exemplo:

Enquanto um sedentário pode melhorar seu VO<sub>2</sub> máximo em até 30%, um atleta muito bem treinado consegue melhorar seu VO<sub>2</sub> máximo em muito pouco, no máximo em 5%. Vejamos esse caso:

Se geneticamente uma pessoa destreinada de 70,0 kg de peso, tem um VO<sub>2</sub> Max. de 2,5 l/min poderá melhorar seu VO<sub>2</sub> em 30% chegando a um VO<sub>2</sub> de 3,25 l/min, o que dá um valor relativo de 46,4 ml/kg/min. No entanto para que ela possa estar figurando entre os melhores maratonistas do mundo necessitaria ter um VO<sub>2</sub> de 5,0 l/min, ou seja, 70,0 ml/kg/min (média dos melhores maratonistas). Do ponto de vista do VO<sub>2</sub> máximo, ela jamais estará entre os melhores do mundo. Isso não quer dizer que não possa completar uma maratona, mas sim que esse indivíduo dificilmente seria um campeão dessa prova.

Mesmo o consumo máximo de oxigênio não sendo aumentado, é possível melhorar a performance de um indivíduo.

O VO<sub>2</sub> máximo é o melhor índice fisiológico para classificação e triagem, no entanto o Limiar Anaeróbico se mostra mais adequado para aplicação das cargas de treinamento.

Além do VO<sub>2</sub> existem outros índices que são extremamente importantes para o processo de avaliação e prescrição de atividade física, mais especificamente, vamos tratar do Limiar Anaeróbico (LA), que é o melhor índice de referência para aplicação do treinamento físico individualizado.

### ***Limiar Anaeróbico***

Refere-se à intensidade de exercício onde o nível de lactato sanguíneo começa a se acumular numa velocidade mais alta do que vinha acontecendo em intensidades de exercício mais leves. A partir desse ponto, a velocidade de produção de lactato ultrapassa a velocidade de remoção, causando um acúmulo que vai se acentuando cada vez mais.

Existem basicamente dois Limiares:

- **Limiar 1:** representa o ponto onde a produção de lactato é aumentada, mas ainda existe um equilíbrio entre produção e remoção; as fontes aeróbias de energia continuam sendo predominantes no fornecimento de energia para a atividade;

- **Limião 2:** representa o ponto onde a produção de lactato é aumentada desproporcionalmente ao que vinha acontecendo nas intensidades inferiores de exercício, e a fonte energética aeróbia não consegue mais manter “sozinha” (predominantemente) o fornecimento de energia, passando a necessitar de ajuda das fontes anaeróbias, que acentuam o acúmulo de lactato induzindo à fadiga precoceamente.

Até antes do limiar anaeróbio, produção e remoção de lactato estão equilibradas.

O Limiar Anaeróbio pode ser expresso em:

- $\text{VO}_2$ : ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>;
- Carga: km/h, mph, watts, kp, etc.
- Frequência Cardíaca: bpm

**Frequência Cardíaca de Repouso:** É o número de batimento cardíacos durante um minuto numa situação de repouso.

**Peso:** Refere-se à massa corporal do avaliado.

**Frequência cardíaca máxima (FC Max.):** É a maior frequência cardíaca atingida no teste. A frequência cardíaca máxima é atingida quando percebemos que mesmo au-

mentando a carga de trabalho não existe um aumento da frequência cardíaca.



**Fonte:** Spa Sorocaba

Não pode ser alterada com o treinamento físico. O único fator identificado que altera a FC Máx. é a idade. - A FC Máx. é diminuída em 1 batimento a cada ano. Portanto um indivíduo que possui sua FC Máx de 200 bpm com vinte anos de idade deverá ter sua FC Máx. 20 batimento a menos quando estiver com 40 anos de idade, ou seja, 180 bpm.

**Carga máxima atingida:** É a carga de trabalho mais alta atingida no teste, geralmente é considerada quando o indivíduo chega à exaustão.

**Frequência cardíaca do limiar:** É a frequência cardíaca correspondente à intensidade de trabalho (carga de exercício) onde se verificou o limiar anaeróbio.

É interessante que se faça um teste que esteja o mais próximo pos-

sível do tipo de atividade que aquela pessoa realiza ou vai realizar, pois resultados entre testes em bicicleta e em esteira são diferentes. Essas diferenças acontecem devido a dois fatores básicos: massa muscular envolvida na atividade e eficiência mecânica.

### **Massa muscular envolvida:**

Quanto maior a massa muscular envolvida no exercício maior será a sua FC Máxima e também seu VO<sub>2</sub> Máximo. É possível que sua FC e seu VO<sub>2</sub> do Limiar também sejam maiores. Isso vai depender da eficiência mecânica para determinada atividade.

### **Eficiência Mecânica**

O teste deve ser realizado o mais próximo possível do tipo de movimento envolvido na atividade, para que seja mantida a eficiência mecânica. Por exemplo, é muito pouco eficiente um nadador realizar um teste em esteira rolante com objetivo de buscar índices para treinamento ou mesmo para saber se sua aptidão física melhorou, pois, a mecânica do nado é muito diferente à mecânica da corrida.

Um dos principais problemas na avaliação da condição física é o tipo de teste a ser aplicado, pois quanto mais próximos da realidade

da performance daquela atleta, mais difícil de se controlar as variáveis envolvidas, assim como, quanto mais conseguimos controlar as variáveis, mais distantes da performance estamos. Um bom processo de avaliação é aquele que leva em consideração esses parâmetros.

Temos dois polos, de um lado a eficiência mecânica (performance) do outro o controle de variáveis.

Quanto mais se controla as variáveis, mais influência se exerce sobre o avaliado, assim como quanto menos influência se exerce sobre o avaliado (em todos os casos podemos ter alteração do resultado, principalmente porque temos menos dados para analisar). Portanto o processo de avaliação não se resume a um simples teste, seja ele o mais sofisticado possível.

O teste é uma ferramenta pela qual medimos, avaliação é a interpretação dessa medida.

A grosso modo, o Limiar Anaeróbico é um ponto (limite), de divisão entre metabolismo essencialmente aeróbio e metabolismo essencialmente anaeróbio.

O limiar Anaeróbico indica até que ponto o sistema oxidativo está sendo suficiente para gerar energia para a atividade física e em que ponto as fontes energéticas anaeróbias começam a entrar em ação de maneira mais expressiva.

Sempre que as fontes anaeróbias entram em ação por mais de 10 segundos, temos formação de ácido láctico de maneira acentuada.

### Técnicas e Métodos para Determinação do Limiar Anaeróbio (LA)

O processo de avaliação requer algumas medidas. Em se tratando de Limiar Anaeróbio, vamos ver quais as medidas mais importantes a serem realizadas.

Segue abaixo as variáveis que devem (ou podem) ser medidas para determinação do Limiar Anaeróbio:

- Ventilação Minuto (VE) Volume de ar expirado por minuto; VO<sub>2</sub> Consumo de oxigênio;
- VCO<sub>2</sub> Produção de dióxido de carbono;
- Frequência Cardíaca Batimentos por minuto; Carga do exercício Intensidade de esforço;
- Lactato sanguíneo Concentração de lactato no sangue;

Para que essas variáveis sejam medidas são necessários alguns equipamentos:

- Ergômetro Intensidade do esforço;
- Frequencímetro Batimentos por minuto;
- Espirômetro para teste Ergométrico Ventilação minuto; Espirômetro com Analisador de Gás VO<sub>2</sub>;

- Espirômetro com Analisador de Gás VCO<sub>2</sub>;
- Lactímetro Lactato sanguíneo.

**Ergômetro:** (Ergometria - Ergo = trabalho Metria = medida) é um equipamento destinado a medir trabalho físico, podemos citar:

- Esteira Ergométrica;
- Bicicleta Ergométrica;
- Remo Ergométrico;
- Ergômetro de Braço;
- Piscinas Ergométricas.

A Piscina Ergométrica possui uma turbina que provoca o deslocamento da água num determinado sentido causando um efeito de correnteza. O indivíduo nada num ritmo suficiente para não deixar que a corrente o leve para trás. A velocidade da "correnteza" vai aumentando na medida que existe a necessidade, quanto mais rápida essa velocidade, maior será a intensidade desenvolvida pelo nadador. O avaliador vai medindo as variáveis de acordo com as necessidades.

É possível improvisar uma piscina ergométrica da seguinte maneira: um cinto é preso à cintura do indivíduo, um cabo é preso ao cinto e passa por duas ou três roldanas; na outra extremidade do cabo temos uma cesta onde são colocados pesos. Os pesos tendem a puxar o indivíduo para trás obrigando-o a aumentar a intensidade de nado.

**Frequencímetro:** Equipamento que se destina a medir ou monitorar a frequência cardíaca do sujeito a ser testado. Os melhores para esse tipo de atividade são aqueles compostos por transmissores (fita transmissora - eletrodos que são colocados no tórax) e receptores (relógio para decodificarem o sinal emitido pelo seu transmissor).

**Espirômetros** (alguns chamam de Ergoespirômetros - Espirômetros específicos para Ergometria) Equipmento destinado a medir as variáveis respiratórias.

Existem espirômetros que medem as variáveis: VE, %O<sub>2</sub> e %CO<sub>2</sub> (são os espirômetros associados à analisadores de gases). Esses espirômetros permitem a determinação da ventilação minuto (VE), o consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub> e VO<sub>2</sub> Máximo) e a produção de CO<sub>2</sub> (VCO<sub>2</sub>).

Existem também espirômetros que medem somente a VE (são espirômetros sem a associação à analisadores de gases). São chamados de VENTILÔMETROS.

**Lactímetros:** Equipmento destinado a medir concentrações de lactato sanguíneo. Podem ser:

- Por reação química;
- Por análise fotoelétrica, como por exemplo o Accusport.

## Métodos de Treinamento

Os métodos de treinamento são as diferentes formas de como os exercícios podem ser realizados. Basicamente o exercício pode ser realizado de forma contínua ou intervalada.

**Método Contínuo (ou Método da Duração)** – possui a característica de desenvolvimento de resistência aeróbia, pois utiliza grandes volumes de treino, baixa intensidade e ausência de intervalos. De acordo com o comportamento da Frequência Cardíaca, o método contínuo pode ser dividido em:

**Método Contínuo Constante** – esta forma procura manter a intensidade durante toda a realização do exercício. Por exemplo, caminhar 30 minutos mantendo a intensidade a 140 bpm do início ao final da atividade.

**Método Contínuo Crescente** – apresenta aumento progressivo na Intensidade. Iniciando-se uma corrida de 40 minutos com 120 bpm, aumentando-se 10 bpm a cada 5 minutos.

**Método Contínuo Crescente / Decrescente** – apresenta regressão de Intensidade. Inicia-se o exercício em uma bicicleta ergométrica com 180 bpm, diminuindo 10 bpm a cada 10 minutos, até atingir 130

bpm, totalizando 50 minutos de atividade.

Nesta forma de execução, a Intensidade durante a corrida na esteira aumenta desde o início, gradativamente e, em 30 minutos passa de 150 para 180 bpm. Na sequência, diminui de 180 bpm para 150 bpm, até completar mais 15 minutos.

### **Método Contínuo Decrescente**

**/ Crescente** – nessa forma de execução, a Intensidade durante a natação é diminuída gradativamente desde o início, passando, em 20 minutos, de 160 para 120 bpm. Na sequência, aumenta também de forma gradativa de 120 a 160 bpm até completar mais 20 minutos.

**Método Contínuo Variativo I** – nesse método, a carga varia constantemente, podendo-se, na bicicleta ergométrica, alterar o peso ou a velocidade e, na corrida em esteira, a velocidade ou a inclinação a cada 1 e 2 minutos.

**Método Contínuo Variativo II** – nesse método a carga também varia constantemente. Exemplos dessa variação de intensidade (frequência cardíaca) são a participação em aulas de ginástica com movimentos acíclicos (aeróbica e step) e em esportes como o futebol, basquetebol, tênis, judô, etc.

**Método Intervalado (ou Método Fracionado)** – comprehende

períodos destinados ao estímulo (exercício) e períodos destinados a recuperação. Dependendo da orientação de cada de treino (distância, velocidade e tempos de recuperação), os sistemas de produção de energia e as capacidades físicas trabalhadas serão diferenciados. O método intervalado pode ser dividido conforme a característica das cargas em:

### **Método Intervalado Constante**

– esta forma de exercício procura manter a intensidade, a distância e a pausa durante toda a realização do exercício. Por exemplo, correr 5 x 200 metros, a 70% da velocidade máxima, com pausa de 1 minuto no treinamento cardiorrespiratório e 5 x 20 repetições, com pausa de 40" no neuromuscular.

### **Método Intervalado Crescente**

– esta forma procura aumentar o volume ou a intensidade durante a realização do exercício.

Exemplo Metabólico: correr 1 x 100, 1 x 150, 1 x 200, 1 x 250 e 1 x 300 metros, a 70% da velocidade máxima, com pausa de 1,5 minutos.

**Exemplo Neuromuscular:** alteração na intensidade no treinamento de força:

1 x 12 – 70% 1RM, 1 x 10 – 80% 1RM e 1 x 8 – 85% 1RM, com pausa de 1'.

**Método Intervalado Decrescente** – esta forma de exercício procura diminuir o volume ou a inten-

sidade durante a realização do exercício.

Exemplo Metabólico: alteração na distância: correr 1 x 300, 1 x 250, 1 x 200, 1 x 150, 1 x 100, a 70% da velocidade máxima com pausa de 1,5 minutos.

Exemplo Neuromuscular: alteração na intensidade do treinamento de força: 1 x 8 – 85% 1RM, com pausa de 1'; 1 x 10 – 80% 1 RM e 1 x 12 – 70% 1 RM.

**Método Intervalado Crescente / Decrescente** – esta forma de exercício procura aumentar o volume ou a intensidade durante a realização do exercício.

Exemplo Metabólico: alteração na distância: nadar 1 x 200, 1 x 300, 1 x 400, 1 x 300, 1 x 200, a 70% da velocidade máxima, com pausa de 2 minutos.

Exemplo Neuromuscular: alteração na intensidade do treinamento de força: 1 x 15 – 70% 1RM, com pausa de 1'; 1 x 10 – 80% 1RM e 1 x 15 – 70% 1RM.

**Método Intervalado Decrescente/Crescente** – essa forma de exercício procura diminuir e aumentar o volume ou a intensidade durante realização do exercício.

Exemplo Metabólico: alteração na distância: nadar 1 x 400, 1 x 300, 1 x 200, 1 x 300 e 1 x 400, a 70% da velocidade máxima, com pausa de 2 minutos.

Exemplo Neuromuscular: alteração na intensidade do treinamento de força: 1 x 8 – 85% 1RM, com pausa de 1'; 1 x 10 – 80% 1RM e 1 x 8 – 85% 1RM.

### **Método Intervalado Variativo**

– esta forma de exercício procura alterar o volume ou a intensidade durante a realização do exercício.

Exemplo metabólico: alteração na duração do estímulo: pedalar 1 x 30", 1 x 2', 1 x 1', 1 x 1'30" e 1 x 1', a uma velocidade de 30 Km/h e com pausa ativa de 2 minutos.

Exemplo Neuromuscular: alteração na intensidade do treinamento de força: 1 x 8 – 85% 1RM, com pausa de 1'; 1 x 10 – 80% 1RM; 1 x 4 – 90% 1RM; e 1 x 15 – 60% 1RM.

**Método em Circuito** – O treinamento em circuito tem a finalidade de desenvolver a resistência cardiorrespiratória, assim como a resistência muscular localizada. Para desenvolver a capacidade aeróbia, a carga de treinamento deve ser ajustada de acordo com o comportamento da frequência cardíaca (60-90% F.C. Max.).

2



## 2. Treinamento em Musculação



**Fonte:** Binyamin Mellish<sup>2</sup>

Para o treinamento personalizado em musculação, o Personal trainer precisa conhecer algumas formas básicas de ação para que consiga os efeitos positivos desejados.

### Formas de Empunhadura

Refere-se ao posicionamento das mãos em relação aos ombros.

- Aberta: Mais aberta do que a amplitude dos ombros.
- Média: Aproximadamente na mesma amplitude dos ombros.

- Fechada: Mais fechada que a amplitude dos ombros.

### Formas de Pegada

Refere-se ao posicionamento das mãos e dedos em relação à barra ou aparato.

- Supinada: Na “posição anatômica” a palma das mãos fica voltada para fora ou para frente;
- Pronada: Na “posição anatômica” a palma das mãos fica voltada na direção do corpo ou para trás;

<sup>2</sup> Retirado em: <https://www.pexels.com/>

- Neutra: É a pegada intermediária entre a pegada supinada e pronada;
- Alternada: A palma de uma das mãos é direcionada para fora e a outra na direção do corpo;
- Pegada envolvendo o aparelho c/ o polegar: mais utilizada em exercícios de “puxar” oferecendo firmeza na execução do exercício;
- Pegada com o polegar por detrás da barra: mais utilizada em exercícios de “empurrar” não sobre carregando os músculos, tendões e ligamentos do antebraço.

### Formas de ajuda na musculação

- Deve-se acompanhar o movimento anatômico do exercício;
- Utilizar o mínimo de ajuda possível, o suficiente apenas para não permitir a parada total da repetição nos pontos críticos de execução;
- Prestar atenção o tempo inteiro no aluno que está treinando da primeira à última repetição;
- Estimular o aluno;
- Orientar e corrigir a execução quando esta estiver falha.

**Ajuda na mão:** Recomenda-se, por exemplo, em exercícios como Rosca Scott ou Tríceps Testa, oferece mais sensibilidade para poder

aplicar a ajuda no momento preciso. É importante não machucar a mão do executante, caso gere desconforto optar por outro tipo de ajuda.

**Ajuda na barra:** Recomenda-se para exercícios como o Supino Reto e Pulley Costas. No caso do Supino Reto, pode optar por uma Pegada Supinada (pouca ajuda) onde somente terá a participação da articulação do cotovelo, ou uma Pegada Alternada (muita ajuda), onde teremos a participação de outras articulações com a dos ombros e quadril.

**Ajuda nas articulações ou extremidades:** Na execução de exercícios como o desenvolvimento com halteres, optamos pela ajuda na articulação dos cotovelos, caso exista insegurança ou desconforto utilizar outro tipo ajuda. Em exercícios como Mesa Flexora a ajuda nos calcanhares pode oferecer boa sensibilidade ao ajudante.

**Ajuda nas placas:** Este tipo de auxilio pode ser bastante útil, por exemplo, em exercícios como no aparelho Gravitron onde não ocorra o desequilíbrio das placas quando tocadas.

**Ajuda no cabo:** A ajuda no cabo deve ser utilizada somente quando não for alterar o padrão de execução,

sendo indicada em exercícios como Remada Baixa ou Tríceps no Pulley.

### Hierarquia, Classificação e Aplicação dos Métodos de Treinamento em Musculação

#### *Deve-se Organizar a Ordem ou Variações Anatómicas*

Critérios: Número de grupamentos envolvidos, número de articulações envolvidas, tamanho do grupamento, origem e inserção.

#### **1. Alternado por segmento**

Simples: Não se repete dois exercícios para o mesmo grupamento muscular, a fim de evitar uma fadiga localizada precoce.

Prioritária: Inicia-se o treinamento com um exercício que ative o grupo muscular alvo, ou retorna-se ao trabalho de determinado músculo ou exercício alvo.

#### **2. Localizado por articulação**

Simples: A mesma articulação é solicitada em uma sequência de exercícios.

Agonista/Antagonista: O primeiro exercício trabalha o agonista e o segundo exercício trabalha o antagonista do primeiro exercício.

Pré-exaustão: Exaure o músculo no primeiro exercício e no segundo usa-

se um exercício que permita a ajuda de outros músculos que não aquele trabalhado.

#### **3. Combinado**

Bi-set: Agrupamento de dois exercícios diferentes podendo ser para o mesmo músculo ou não.

Tri-set: Agrupamento de três exercícios diferentes podendo ser para o mesmo músculo ou grupo muscular ou não.

Super-série: Agrupamento de mais de três exercícios diferentes podendo ser para o mesmo músculo ou grupo muscular ou não.

#### *Empregar Volume e Intensidade de Carga*

Critérios: Peso (indicado %), séries ou grupos, repetições, intervalo de recuperação.

#### **1. Método tradicional**

$3 \times 10 - 80\%$  de carga, 1'30 de intervalo, onde todas as ações são predeterminadas. Pode ser aplicado para todas as modalidades.

#### **2. Peso fixo e repetições variadas**

Existe a variação apenas do número de repetições.

Crescente: Aumentam o número de repetições.

Decrescente: Diminuem o número de repetições.

## 3. Método peso e repetições fixas e intervalo variado

Apenas os intervalos entre as séries ou exercícios são variados.

Crescente: Aumenta-se o tempo de intervalo.

Decrescente: Diminuímos o tempo de intervalo.

## 4. Método piramidal

Método onde o peso é aumentado progressivamente, sendo que no ápice deste treino desenvolve-se a força máxima.

Crescente truncado: Interrompe o treino antes de chegar no ápice da

Decrescente: Inicia-se as séries com a maior carga, ocorrendo a sua redução nas séries seguintes.

Decrescente truncado: Interrompemos o treino antes de chegar a menor carga.



Fonte: Victor Freitas

## 5. Método escada crescente

O peso é repetido por duas séries, sendo aumentado na subsequente.

## 6. Método onda constante

O aumento do peso em uma série é seguido da diminuição do peso na série seguinte e assim sucessivamente, com isso temos o acionamento de fibras musculares de contração lenta e contração rápida.

## 7. Método onda

Crescente: 40%, 60%, 50%, 70%, 40% de carga, também com o objetivo de solicitar tipos de fibras diferentes.

Decrescente: 80%, 60%, 70%, 50% de carga, também com o objetivo de solicitar tipos de fibras diferentes. Neste tipo de treino deve-se atentar ao descanso.

## 8. Drop-set

Uma série é realizada até o esgotamento total, ou número de repetições estipuladas, quando então ocorre uma alteração do peso, a série é imediatamente continuada até obter ou o esgotamento total o número de repetições estipuladas, sendo que este processo pode ser realizado duas, três ou mais vezes.

*Variações na Execução Biomecânica ou na Exigência Fisiológica*

Critérios: Tipo de trabalho muscular, ritmo de execução, al-

vâncias biológicas, tipos de resistência.

### **1. Método positivo-negativo**

Execução onde ocorre atenção no músculo alvo tanto nas fases concêntrica e excêntrica do exercício.

### **2. Método positivo**

Ênfase na fase concêntrica do exercício.

### **3. Método negativo**

Ênfase na fase excêntrica do exercício.

Ativo: O executante controla o tempo de execução.

Passivo: As execuções não sofrem controle, mas tenta-se este controle.

### **4. Método de repetições parciais**

Na execução do exercício não se utiliza todo o ângulo possível no movimento.

Positivo-negativo parciais: Proporciona um maior “bombeamento sanguíneo”, exemplo Rosca.

Positivo parcial negativo completo: Técnica que somente será possível com ajuda, onde se determina o ângulo de exigência concêntrica e aplica-se força somente neste ponto e na fase excêntrica do exercício, sendo função do companheiro vencer o restante da angulação concêntrica.

Positivo completo negativo parcial: Técnica que somente será possível com ajuda, onde o executante realiza toda a fase concêntrica e na execução da fase excêntrica, determina-se um ângulo desejado, sendo função do companheiro realizar o restante da angulação.

Insistente: A cada duas execuções incompletas, temos uma completa.

**5. Método biomecânico:** Intensificar a fase excêntrica e facilitar a concêntrica.

**6. Método auxotônico:** Utilização de fases concêntrica-excêntrica e isométrica.

**7. Método do “pico de contração”:** No ângulo de maior encurtamento do músculo treinado, realizar a isometria.

**8. Método da tensão lenta e continua:** Deve ser o método mais utilizado em treinamento, onde a execução deve ser lenta o tempo inteiro.

**9. Método do duplo recrutamento:** Alternância do ritmo como, por exemplo, iniciar de forma lenta e depois rápida.

**10. Método roubado:** Quando se atinge a fadiga em determinado

ângulo de execução, utiliza-se outros grupamento musculares ou alavancas biomecânicas para a finalização do exercício

**11. Método ajudado:** Existe o acompanhamento em todo o trabalho realizado.

**12. Método de tensão dinâmica:** Durante a execução do exercício, mantém uma mão aberta e outra fechada. Desenvolvido por Charles Atlas.

**13. Método pliométrico:** Utilizado para aumentar a potência, oferece um alongamento e em seguida um pico de contração.

**14. Método de pausa descanso (ret pause training):** Na transição entre as execuções, oferece-se uma pausa.

### Efeitos Fisiológicos do Treinamento das Atividades em Academia

#### *São Adaptações Metabólicas*

- Aumento da capacidade do sistema oxidativo das células musculares, especialmente das de contração lenta.
- Redução da produção de lactato durante a realização de esforços físicos a uma dada intensidade.

- Potencialização da utilização dos ácidos graxos livres (AGL), como substrato energético na realização dos esforços físicos a uma determinada intensidade, permitindo poupar o glicogênio muscular.
- Aumento da atividade metabólica geral, tanto durante a realização dos esforços físicos quanto em condições de repouso.
- Aumento da sensibilidade à insulina a aceleração do metabolismo das lipoproteínas no plasma, reduzindo os níveis de triglicerídeos e, em menor grau, do colesterol ligado às lipoproteínas de baixa e de muito baixa densidade.
- Eliminação do excesso de reserva adiposa, além do favorecimento de distribuição de gordura corporal que venha a favorecer a um padrão mais saudável.

#### *São Adaptações Cardiorrespiratórias*



**Fonte:** Inter Fisio

- Melhora o rendimento do coração ao produzir as necessidades energéticas do miocárdio, mediante a redução da frequência cardíaca e da pressão sanguínea.
- Incrementa o débito cardíaco à custa de maior volume sistólico e de diminuição da frequência cardíaca.
- Aumenta a diferença arteriovenosa de oxigênio, como resultado da distribuição mais eficiente do fluxo sanguíneo para os tecidos ativos e da maior capacidade desses tecidos em extrair e utilizar o oxigênio.
- Eleva a taxa total de hemoglobina e beneficia a dinâmica circulatória, o que facilita a capacidade de fornecimento de oxigênio aos tecidos.
- Favorece o retorno venoso e evita o represamento do sangue nas extremidades do corpo.
- Aumenta a ventilação pulmonar, mediante ganho no volume-minuto e na redução da frequência respiratória.
- Eleva o conteúdo de mioglobina dos músculos esqueléticos e aumenta a quantidade de oxigênio dentro da célula, o que facilita a difusão do oxigênio para as mitocôndrias.
- Melhora a estrutura e as funções dos ligamentos, dos tendões e das articulações (BLAIR et al, 1994; BOUCHARD et al, 1994; YAZBEK; BATTISTELLA, 1994; citados por GUEDES, 2003).

### ***Efeitos Psicológicos e Sociais***

- Melhora a capacidade de trabalho.
- Melhora a imagem de si próprio.
- Redução da ansiedade e depressão.
- Melhora sensação de bem-estar.
- Melhora apetite e o ritmo de sono.

### ***Alterações no sistema anaeróbico***



**Fonte:** Condor

- Aumentos nos níveis dos substratos anaeróbios em repouso.
- Aumentos na quantidade e na atividade das enzimas-chave, que controlam a fase anaeróbia do fracionamento da glicose.
- Aumentos na capacidade para suportar os níveis de ácido láctico sanguíneo durante o exercício máximo (explosivo), após treinamento anaeróbio. Devido aos maiores níveis de glicogênio e das enzimas glicolíticas (VIANNA, 2010).

## Fatores Influenciadores do Treinamento

### Aptidão Inicial

Uma vez determinadas, com exatidão, as qualidades físicas da atividade proposta, o treinador deverá escolher os testes que lhe permitirão aferir com precisão o estado inicial do aluno. Com um trabalho geral, podem ser esperadas melhorias de 5 a 25% na aptidão aeróbia. Essas melhorias são observadas no transcorrer das três primeiras semanas de treinamento.

### Classificação das Atividades Física em Termos de Intensidade do Exercício

<b>Homens</b>		<b>Consumo de Energia</b>		
<b>Nível</b>	Kcal. min $-1$	L.min $-1$	ml.(kg.min.) $-1$	MET's
<b>Ligeiro</b>	2,0 - 4,9	0,40 - 0,99	6,1 - 15,2	1,6 - 3,9
<b>Moderado</b>	5,0 - 7,4	1,00 - 1,49	15,3 - 22,9	4,0 - 5,9
<b>Intenso</b>	7,5 - 9,9	1,50 - 1,99	23,0 - 30,6	6,0 - 7,9
<b>Muito Intenso</b>	10,0 - 12,4	2,00 - 2,49	30,7 - 38,3	8,0 - 9,9
<b>Supra Intenso</b>	12,5	2,50	38,4	10,0

<b>Mulheres</b>		<b>Consumo de Energia</b>		
<b>Nível</b>	Kcal. min $-1$	L.min $-1$	ml.(kg.min.) $-1$	MET's
<b>Ligeiro</b>	1,5 - 3,4	0,30 - 0,69	5,4 - 12,5	1,2 - 2,7
<b>Moderado</b>	3,5 - 5,4	0,70 - 1,09	12,6 - 19,8	2,8 - 4,3
<b>Intenso</b>	5,5 - 7,4	1,10 - 1,49	19,9 - 27,1	4,4 - 5,9
<b>Muito Intenso</b>	7,5 - 9,4	1,50 - 1,89	27,2 - 34,4	6,0 - 7,5
<b>Supra Intenso</b>	9,5	1,90	34,5	7,6

Fonte: (McARDLE; KATCH; KATCH, 1992, p. 107)

### Intensidade

As alterações fisiológicas induzidas pelo treinamento dependem essencialmente da intensidade da sobrecarga (McARDLE; KATCH; KATCH, 1992, p. 281).

Zona alvo (aeróbio)	
Limite inferior	60% FCmáx ou 50% VO2máx
Limite superior	90% FCmáx ou 85% VO2máx

O efeito do treinamento anaeróbio é obtido em níveis mais elevados, a partir do limiar anaeróbico, determinado pelos níveis de ácido láctico sanguíneo, pela ventilação minuto, ou estimado por testes de campo.

A intensidade do exercício reflete tanto o custo calórico do trabalho quanto os sistemas energéticos específicos ativados. A intensidade pode ser aplicada em bases absolutas ou relativas.

**Absoluta:** Aula de ginástica aeróbica; mesmo trabalho, mesmo ritmo e com a mesma duração.

**Relativa:** A intensidade costuma ser especificada na forma de algum percentual da função máxima como, por exemplo, VO<sub>2</sub> máx., FC máx. ou capacidade máxima de trabalho (MET's).

### Duração

A melhora na capacidade aeróbica está diretamente relacionada à duração de cada sessão de treinamento.



**Fonte:** Abril

A quantidade de trabalho cardiopulmonar será, via de regra, superior ao trabalho neuromuscular. Dependerá, da qualidade física a ser trabalhada e do método de treinamento escolhido.

### Frequência do Treinamento

Os programas típicos de treinamento são executados 3 dias por semana, com um dia de repouso entre 2 dias de sessões.

Treinar menos de 2 dias por semana em geral não produz alterações adequadas, seja na capacidade aeróbica ou anaeróbica, seja na composição corporal.

Para conseguir uma redução ponderal significativa através do exercício, recomenda-se que cada sessão dure pelo menos 20 a 30 minutos e que seja de intensidade suficiente para gastar cerca de 300 kcal.

### Recomendações

- Velocidade e/ou resistência anaeróbia 3 vezes por semana.
- Resistência aeróbia 3 a 5 vezes por semana.
- Programas de emagrecimento 6 vezes por semana. (DANTAS, 2003, p.132)

### Idade e Sexo

A capacidade de resistência aeróbia aumenta com a idade até o meio ou final da terceira década de vida. A força e a resistência muscular, bem como a resistência cardiovascular seguem padrões semelhantes de desenvolvimento.



**Fonte:** Clínica Laboral

As mulheres tendem a alcançar seu pico de atividade muito mais

cedo, ou seja, logo depois da puberdade. Os homens já tendem a manter seu desempenho máximo até os 30 anos. Já as mulheres entram em sua fase de declínio logo após atingirem seu desempenho máximo. Até a puberdade, não existem diferenças essenciais entre homens e mulheres, no que diz respeito a praticamente todos os aspectos relacionados às atividades físicas.

# 75



### 3. Treinamento da Força Muscular



Fonte: New Millen<sup>3</sup>

O treinamento da força muscular ocupa um lugar relevante no treinamento desportivo. As distintas disciplinas desportivas utilizam-se de seus métodos dentro de suas respectivas planificações de treinamento.

São objetivos do treinamento da força muscular:

- Levantamento olímpico;
- Levantamento básico
- Fisiculturismo;
- Como complemento e/ou otimização do treinamento desportivo.

#### Levantamento Olímpico

São os clássicos exercícios como o “arranque” (“snatch”) e o “arremesso” (“clean e “jerk”). O primeiro consiste em elevar a barra na vertical com um só impulso, e o segundo através de dois movimentos. São exercícios que basicamente não se manifestam unicamente mediante a força pura, sem que tenha uma conjunção com a velocidade, coordenação e a flexibilidade. As duas técnicas do Levantamento

<sup>3</sup> Retirado em: <https://www.newmillen.com.br/>

Olímpico se manifestam como uma especialidade desportiva. De todas as maneiras, suas técnicas também são utilizadas, na atualidade, como exercícios complementares de algumas disciplinas esportivas, como por exemplo os lançamentos no atletismo.

### Levantamento Básico

O levantamento Básico se desenvolve sobre três exercícios, tais como “supino” no banco, o “agachamento” e o “levantamento terra”. Igual ao Levantamento Olímpico, suas três modalidades também são utilizadas como complemento à outras atividades desportivas.

### Fisiculturismo

Forma de treinamento corporal muito utilizado na atualidade. Devido ao fato de ser regida por regras através de distintas federações nacionais e internacionais, isso determina que constitui um esporte. Inclusive há propostas para que seja aceita como disciplina olímpica mediante a federação internacional IFBB. O fisiculturismo em sua fase competitiva determina-se na observação do desenvolvimento de grandes massas musculares, a boa harmonia ou proporção entre as mesmas, sua definição, e a manifestação

de tudo isto mediante poses especificamente selecionadas.

### Como Complemento e/ou Otimização do Treinamento Desportivo

Desenvolvimento e aprimoramento das capacidades físicas relacionadas às estruturas neuromusculares. O treinamento de força é essencial para qualquer modalidade esportiva. A grande quantidade de competições realizadas anualmente pelos atletas, obrigam estes à um preparo físico adequado para suportar a sequência de jogos e/ou de disputas, amenizando o desgaste físico, mantendo um técnica apurada.

### Treinamento da Força

O treinamento consiste no processo de aplicar estímulos conhecidos, os quais produz no organismo uma alteração controlada de diversos microssistemas e, em consequência, conseguir diferentes níveis de adaptação que, normalmente, se ajustam a previsões iniciais, os quais conduzem a melhora do rendimento em uma modalidade desportiva.

Basicamente, ganhar força máxima pode-se lograr por dois caminhos: ganhando uma maior hipertrofia muscular, ou melhorando

o comportamento neuromuscular das U.M. Sabemos que as primeiras adaptações que se produzem no treinamento da força, realizam-se sempre a nível neural, para posteriormente produzir-se adaptações a escala estrutural.

Aumento de força conseguido durante o uso de cargas muito elevadas de treinamento, deve-se, em parte, a melhora da ativação neural dos músculos treinados, mesmo em atletas altamente adaptados ao trabalho de força (HÄKKINEN et al, 1985; RYUSI et al., 1988 apud VIANNA, 2010).

### ***Treinamento com Sobrecarga***

As diferentes respostas adaptativas que manifestam cada atleta, é algo necessário a se entender no treinamento da força e, muito especialmente, a hora de interpretar os resultados das diferentes investigações sobre o tema que se têm desenvolvido. É absurdo extrapolar conclusões entre populações que são tão diferentes nas possibilidades de rendimento e na experiência de treinamento.

No treinamento de desportistas altamente especializados no trabalho de força, deverá combinar adequadamente os processos de adaptação (tamanho das fibras e inervação), uma vez que precisará de

importantes níveis de carga, para poder conseguir melhorar os níveis de força máxima que, logicamente, já são muito elevados no momento de começar o processo.

### ***Treinamento de Força Máxima Hipertrófica***

Seus protocolos se apoiam no caráter extensivo da carga de treinamento. MacDonagh et al. (1984 apud Vianna, 2010) afirmam que cargas superiores à 66% de 1RM, utilizadas a razão de ao menos 10 repetições por set, são suficientes para produzir um aumento significativo da força de sujeitos não muito treinados. Salter (1955 apud Vianna, 2010) comprova que com um total de 30 movimentos realizados em cada sessão de treinamento, durante 16 sessões de trabalho, com cargas de 75% de 1RM, permitiam conseguir melhorias de 32% da força isométrica máxima (FIM), o que supõe um incremento de 2% por cada dia de treinamento.

A hipertrofia se explica pela intensificação dos processos metabólicos que acompanham os processos de fadiga e recuperação dos exercícios realizados em condições anaeróbias. Incrementos de massa muscular, como resultado do trabalho de força, requer um estímulo apropriado que precipite o mecanis-

mo de síntese proteica e/ou reduza os mecanismos do catabolismo proteico. Por ação dos importantes e intensos trabalhos realizados, os processos catabólicos predominarão sobre os de síntese durante a execução do exercício, o que provoca nos processos de recuperação, a regeneração do conteúdo de proteínas, fator que conduz ao aumento da massa muscular. De acordo com os princípios de Engelhardt, quanto maior for a perda de proteínas durante o treinamento, maior será a posterior supercompensação, sempre e quando, o organismo não caia em um estado de fadiga crônica que interrompa o processo.

Os mecanismos fisiológicos, como a hipóxia e a congestão muscular, favorecem o disparo dos mecanismos de síntese de proteínas contráteis. A hipótese que se apoia na hipóxia, sugere que um inadequado consumo de sangue e oxigênio na musculatura que trabalha é o que põe em marcha o mecanismo de síntese proteica, situação que ocorre sempre que as tensões são relativamente elevadas. A outra teoria, da congestão, se apoia no importante consumo de sangue, portanto oxigênio e nutrientes, que recebe o músculo durante a recuperação ou durante a contração, quando utilizam-se cargas pequenas.

Atualmente, planejam-se outras teorias baseadas no nível de destruição proteica que sofre o músculo durante a atividade e a possibilidade de regenerá-lo durante o descanso, sempre que o mesmo é acompanhado com um adequado aporte exógeno de aminoácidos, para pôr em marcha adequado mecanismo neuroendócrino específico, ou aquela outra teoria que se apoia no descenso dos níveis musculares de ATP que acompanham o exercício.

### Como Executar o Treinamento

As ações multiarticulares que afetam a grandes grupos musculares, determinam um maior gasto energético e um superior impacto metabólico que as monoarticulares ou as que utilizam pequenos grupos musculares. (STONE et al., 1991 APUD VIANNA, 2010).

Os exercícios que induzem a hipertrofia muscular produzem microlesões limitadas do tecido contrátil e do conectivo, as quais são motivadas pela utilização de elevadas cargas ou como resultado das tensões que sofre o músculo durante seu estiramento (fase excêntrica). Este comportamento induz a pensar que é necessário alcançar, durante o

treinamento, um limiar mínimo de carga que permita uma estimulação ótima para a hipertrofia muscular, relegando a um segundo plano os planejamentos metodológicos que utilizam cargas de média e baixa intensidade.

Com o objetivo de estimular ao máximo os processos catabólicos-anabólicos, o atleta deve incidir sobre o volume total de trabalho realizado em cada sessão de treinamento, o que afeta, por igual, a carga utilizada e o volume de trabalho efetuado (repetições e velocidade de execução).

Um elevado número de investigações tem permitido saber que existe uma velocidade específica para conseguir cada manifestação de força. Este último parâmetro, a velocidade de execução do movimento, é chave para incrementar o trabalho total realizado (MacDouhall et al.; Sale; MacDougall, 1981; Thorstensson et al., 1976; Wescott-1988 apud Vianna, 2010), mas provoca efeitos colaterais que podem ser contrapordutores em determinadas manifestações da força, como é o caso da potência.

A utilização de uma velocidade lenta produz um aumento do tempo de tensão. Um exercício que tarda um segundo em fazer ação concêntrica do movimento, e outro segundo para a excêntrica, trabalhará 20

segundos para chegar a dez repetições. Pelo contrário, se a duração de cada fase se duplica em cada movimento, o tempo total também se duplicará, apesar de fazer um mesmo número de repetições.

As menores velocidades podem produzir maiores tensões, portanto estimular um maior número de U.M.

Ao fazer o movimento a pouca velocidade, evitamos que o gesto atue de forma, que ao final do mesmo, ocorra o favorecimento pelo impulso realizado na parte inicial, impedindo uma importante participação muscular na última zona da contração muscular.

Por regra geral, aceita-se que a velocidade normal (controlada ou lenta) de uma repetição ou movimento caracteriza-se por uma proporção temporal de 2:4, e, se retardam dois segundos na ação concêntrica muscular; na fase excêntrica deverá retardar em dobro. Poliquin (1997 apud Vianna, 2010) propõe que, para conseguir grandes hipertrofias musculares, a duração da fase concêntrica deve ser de 1" -10", por 4" -10" de duração da fase excêntrica. O autor, afirma que para a melhora da força máxima neuromuscular, as durações de ambas fases devem ser de 1" -4" e 3" -5" respectivamente.

Existem algumas evidências que nos indicam que a fase excêntrica do movimento é a responsável pelos maiores incrementos no desenvolvimento da fibra muscular (hipertrofia). Se queremos incrementar o trabalho muscular realizado, teremos que aumentar o tempo total do movimento, e fazer aumentar o tempo de duração das fases concêntrica e excêntrica do movimento. Entre as muitas possibilidades, as variantes mais utilizadas no trabalho de elevada orientação hipertrófica são as seguintes (concêntrica-isométrica-excêntrica):

### 2-1-2

(Igual duração na fase positiva e negativa).

### 3-1-2

(A fase positiva é mais longa).

### 2-1-4

(A fase negativa é maior).

### 3-1-4

(Ambas fases são muito longas, especialmente a negativa).

No fisiculturismo têm sido utilizadas outras variações com a duração ainda mais lenta de cada movimento. O objetivo é, basicamente, eliminar ao máximo a inércia de qualquer movimento, mas man-

tendo a ação dinâmica do mesmo. Um exemplo é a denominada repetição dos doze segundos (6-2-4), com a que se consegue a sensação de fadiga e congestão em um número menor de repetições e sem a necessidade de utilizar pesos muito elevados. Alguns atletas alongam a duração de cada movimento, efetuando pausas muito breves a cada 5-7 centímetros do movimento executado.

A forma de realizar um trabalho extensivo de força pode ser muito variada, podendo-se alternar meios de trabalho (pesos, máquinas, exercícios, etc.) com formas de contração muscular diferentes (isozméticas, isotônicas, balísticas, etc.), destacando como as mais habituais, entre os atletas que querem desenvolver a força, o treinamento extensivo com cargas elevadas.

Tem como objetivo melhorar, utilizando grandes volumes de treinamento com sobrecargas, os níveis de força máxima do sujeito, uma vez que provoca o aumento do volume da musculatura implicada. Na opinião da maior parte dos teóricos e treinadores, o trabalho de força que produz aumentos da secção transversal do músculo quase sempre vem acompanhado de incrementos na força máxima voluntária (Fukunaga, 1968; Maughan et al., 1983;

Achantz et al., 1983; Ryhusi et al., 1988 apud Vianna, 2010).

Poliquin e King (1992 apud Vianna, 2010) assinalam que um volume de treinamento extensivo de força supõe realizar um total de aproximadamente 200 (100-300) repetições de trabalho, por grupo muscular, com cargas suficientemente elevadas. Este volume corresponde a umas 24-25 séries e um tempo efetivo de trabalho de aproximadamente 24-25 minutos (24 sets x 60 segundos).

Algumas evidências mostram que realizar demasiadas séries por exercício, provoca um esvaziamento muito elevado dos níveis de glicogênio e um incremento na rotura proteica, o que conduz a um estado catabolizado excessivo. Por esta razão, algumas das propostas mais difundidas só recomendam um máximo de 8-12 sets por cada grupo muscular grande e 4-8 sets para os músculos menores. Não obstante, o volume de trabalho é que dará condicionamento para o nível do atleta e as peculiaridades do esporte que se quer treinar. Assim, alguns culturistas de alto nível chegam a realizar ao redor de 24 sets por grupo muscular em cada sessão de treinamento, ainda que geralmente aceita-se que um volume suficiente é aquele que inclui 3-6 sets por exercício e 3-4 exercícios por grupo

muscular, em cada sessão de treinamento. Respeitando o critério da individualidade, não se deve ignorar a dotação genética do desportista, já que esse parâmetro é o que condicionará a resposta de adaptação ao treinamento de hipertrofia.

Weis e Kennedy (1999 apud Vianna, 2010), assinalam que na hora de programar um treinamento extensivo, o treinador deve selecionar, ao menos, um ou dois exercícios para cada grupo muscular, chegando em principiantes até um máximo de 04 exercícios, os quais devem-se executar uma média (total para o grupo muscular) de 05 a 10 sets de 03 a 06 repetições com cargas de 10-RM, sendo que estas devem ser combinadas com sets de congestão (elevadas repetições de cargas médias). O número de exercícios a executar em cada sessão vai de 01-04 ou 06. Para garantir uma adequada hipertrofia, deve-se treinar cada exercício 02 ou 03 vezes por semana em dias não consecutivos. Para evitar estagnação, é necessário ir incrementando, pouco a pouco, o número de sets que se realizam por cada grupo muscular, até chegar ao número máximo que cada atleta é capaz de assimilar.

As cargas utilizadas em cada exercício, que no momento de iniciar o processo deve ser de 01 a 10-RM aproximadamente, têm que ser

incrementadas progressivamente, e de maneira ondulatória (ondas ou mesociclos de 3-4 semanas) cada semana, de forma que as 06-08 semanas, sejam capazes de mover cargas iguais ou muito próximas das que correspondem a 1-RM inicial. A partir deste momento, volta-se a repetir o processo até completar um ciclo de umas 20 semanas.

Os aumentos semanais são uma das chaves do êxito no processo de treinamento da força, mas não existem critérios fixos que podem ser utilizados por todos os atletas, já que a quantidade varia muito em função da capacidade de adaptação do indivíduo. Em qualquer caso, deve-se ser prudente e não aumentar de forma brusca as cargas de trabalho, já que a experiência nos ensina, que progressões suaves são mais eficazes, especialmente entre jovens ou atletas de pouca experiência com o treinamento de força.

Stone et al. (1981 apud Vianna, 2010), apresentam um modelo de periodização em quatro fases. A primeira dedicada a hipertrofia, a qual tem uma duração de quatro semanas, na fase que se trabalha com cargas que permitem executar 03 sets de 10 repetições, aumentando a mesma a cada semana. A segunda etapa, também de quatro semanas, recebe o nome de força básica, nesta, continua-se fazendo

três séries por exercício, ainda neste caso com cargas de 5-RM, utilizando em algumas ocasiões algumas séries até o máximo de repetições com cargas de 70% de 1-RM. A terceira fase compreende três semanas e se denomina de pico, onde os três sets por exercício se façam com 3-RM, fazendo um set a mais de 10-RM com 70% de 1-RM. Na Quarta e última fase, denominada de descanso ativo, têm duas semanas de duração, e nela se abandona o trabalho com sobrecargas.

No caso de estabilização acentuada, convém submeter o músculo a uma situação de impacto com cargas muito elevadas, cargas profiláticas ou variação dos exercícios, já que isto colocará em marcha novos processos adaptativos. Outra solução para romper os processos de estagnação da força, é utilizar microciclos de trabalho de força máxima de orientação neuromuscular. Ex: Treinamento semanal (quatro dias por semana), para hipertrofia global.

### O Treinamento de Força Para Corredores

Treinamento de força é um termo utilizado para fazer referência aos exercícios resistidos, ou seja, aqueles exercícios que utilizam uma determinada resistência de qualquer

espécie que se opõem à força gerada pelos músculos.

Um exemplo clássico de treinamento de força é a prática da musculação.

A musculação é uma atividade já bastante difundida e com crescente número de adeptos, devido à grande quantidade de estudos científicos que respaldam sua aplicação para qualquer tipo de público, seja ele saudável ou com algumas limitações.

No entanto, ainda existe uma grande barreira entre os atletas de pedestrialismo<sup>4</sup> e as salas de musculação. Poucos corredores praticam musculação como complemento à sua atividade principal (a corrida).

Justificativas equivocadas como “a musculação deixa a pessoa mais pesada” ou “a musculação deixa a pessoa travada e sem mobilidade” são utilizadas como argumento para afastar as pessoas dessa prática tão saudável.

Os mitos citados acima são baseados em crenças populares e já foram “derrubados” por estudos científicos sérios, que comprovam justamente a eficácia da musculação em vários aspectos.

Atualmente, treinadores de praticamente todas as modalidades esportivas utilizam a musculação como parte de seu programa de treinamento físico complementar, contribuindo assim para a melhora do desempenho e redução do risco de lesões músculo-articulares em seus atletas.

Especificamente com relação ao pedestrialismo, a musculação pode resultar em melhora do desempenho nas provas, bem como reduzir o risco de lesões osteoarticulares como as “canelites”, fraturas por estresse e lesões nos joelhos, que são muito comuns nos corredores.

Vale ressaltar que qualquer tipo de treinamento físico deve ser prescrito e supervisionado por um profissional de Educação Física, especialista em Treinamento Personalizado, devidamente registrado (TEIXEIRA, 2010).

---

<sup>4</sup> Atividade desportiva na natureza.



## 4. Referências Bibliográficas

ADAMS, John Crawford; HAMBLEN, David L. Manual de Ortopedia. 11 ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

DANTAS, Esté H.M. A prática da educação física. 5 ed. Rio de Janeiro: Shape, 2003.

GUEDES, D. P. Jr. Musculação: estética e saúde feminina. São Paulo, Phorte, 2003.

LUSSAC, Ricardo Martins Porto. Os princípios do treinamento esportivo: conceitos, definições, possíveis aplicações e um possível novo olhar. Revista Digital - Buenos Aires - Año 13 - N° 121 - Junio de 2008. Disponível em:  
<http://www.efdeportes.com/>  
Acesso em: 14 ago. 2010.

McARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. Fisiologia do Exercício. 3 ed. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 1992.

NEWSHOLME, Eric; LEECH, Tony; DU-ESTER, Glenda. Corrida: ciência do treinamento e desempenho. São Paulo: Phorte, 1998.

POWERS, S. K., HOWLEY, E. T. Fisiologia do Exercício - Teoria e Aplicação ao Condicionamento e ao Desempenho. 3 ed. São Paulo: Manole, 2003.

SIMÃO, Roberto. Fundamentos fisiológicos para o treinamento de força e potência. São Paulo: Phorte, 2003.

TEIXEIRA, Cauê Vazquez La Scala. Musculação: desenvolvimento corporal global. São Paulo: Editora Phorte, 2009.

TUBINO, Manuel José Gomes. Metodologia Científica do Treinamento Desportivo, 3 ed. Ibrasa, São Paulo: Ibrasa, 1984.

VIANNA, Jeferson Macedo. Índices e conceitos relacionados a fisiologia do exercício. Utilização prática do limiar anaeróbio. Disponível em:  
[http://www.saudeemmovimento.com.br/conteudos/conteudo\\_frame.asp?cod\\_noticia=616](http://www.saudeemmovimento.com.br/conteudos/conteudo_frame.asp?cod_noticia=616). Acesso em: 23 set. 2010.

VIANNA, Jeferson Macedo. Fisiologia do Exercício - Técnicas e métodos para determinação do limiar anaeróbio (2010). Disponível em:  
[http://www.saudeemmovimento.com.br/conteudos/conteudo\\_frame.asp?cod\\_noticia=602](http://www.saudeemmovimento.com.br/conteudos/conteudo_frame.asp?cod_noticia=602). Acesso em: 23 set. 2010.

VIANNA, Jeferson Macedo. Fisiologia, métodos e treinamento (2010). Disponível em:  
[http://www.saudeemmovimento.com.br/conteudos/conteudo\\_frame.asp?cod\\_noticia=541](http://www.saudeemmovimento.com.br/conteudos/conteudo_frame.asp?cod_noticia=541). Acesso em: 23 set. 2010.



Rua Engº. Herbert, 135 - Rodoviários - Caratinga - MG  
(33) 3062-9299 | 0800-590-1234



NÚCLEO DE  
PÓS-GRADUAÇÃO

# Imunologia e Treinamento

**Curso de Pós-Graduação**  
Coordenação Pedagógica – IBRA

# Sumário

<b>1. Introdução ao Sistema Imunológico</b>	<b>5</b>
Estrutura do Sistema Imunológico	6
Os Órgãos do Sistema Imunológico	8
Componente Solúvel Imunoglobulinas	9
Complemento	9
Citocinas	9
Fatores que Modificam os Mecanismos Imunológicos	10
Efeitos do Exercício Físico	10
Efeitos do Exercício Sobre o Sistema Imunológico	11
<b>2. Regulação Neuroendócrina do Sistema Imunológico</b>	<b>14</b>
Significado das Alterações do Sistema Imunológico	15
Exercícios Físicos e Sistema Imunológico: Mecanismos e Interações	16
Exercício Físico e a Imunidade	17
Exercício Físico e a Integração Entre os Sistemas Nervoso, Endócrino e Imune	23
Importância das Alterações do Sistema Imunológico	28
<b>3. O Efeito do Exercício Físico Agudo e Crônico na Resposta Imunológica de Indivíduos Portadores do HIV</b>	<b>32</b>
Sistema Imune e Exercício Físico	37
Efeitos do Exercício Físico Sobre as Células do Sistema Imune	37
Exercício Agudo e Crônico de Parâmetros Imunes Selecionados Resposta Aguda	38
Efeitos do Exercício Físico Sobre as Células do Sistema Imune	39

# Sumário

<b>Respostas Aguda Frente a Series Repetidas de Exercício</b>	<b>41</b>
<b>Resposta Imunológica ao Exercício Físico</b>	<b>43</b>
<b>Exercício Físico e Respostas Imunológicas</b>	<b>44</b>
<b>Exercício Físico e Alterações nos Níveis de Leucócitos e Linfócitos</b>	<b>45</b>
<b>Efeito do Exercício no Sistema Imune: Resposta, Adaptação e Sinalização Celular</b>	<b>48</b>
<b>Considerações Básicas na Resposta Imune</b>	<b>49</b>
<b>Citocinas</b>	<b>50</b>
<b>Principais Citocinas Envolvidas no Processo Inflamatório</b>	<b>50</b>
<b>Efeito do Exercício Físico em Células do Sistema Imune</b>	<b>51</b>
<b>Neutrófilos</b>	<b>51</b>
<b>Células Apresentadoras de Antígeno</b>	<b>53</b>
<b>Células NK</b>	<b>53</b>
<b>Subpopulações de Linfócitos</b>	<b>55</b>
<b>Linfócitos T Helper (Th)</b>	<b>56</b>
<b>Efeito do Exercício Físico na Produção de Citocinas</b>	<b>57</b>
<b>4. Efeito do Exercício Físico nas Vias de Sinalização Envolvidas na Resposta Imune</b>	<b>61</b>
<b>Obesidade, Inflamação e Exercício</b>	<b>63</b>
<b>Obesidade e Inflamação</b>	<b>65</b>
<b>IL-10</b>	<b>68</b>
<b>TNF-Alfa e IL-10: Efeitos do Exercício</b>	<b>68</b>
<b>5. Referências Bibliográficas</b>	<b>74</b>



GRUPO EDUCACIONAL  
**IBRA**

## 1. Introdução ao Sistema Imunológico



Fonte: Dermaflora<sup>1</sup>

O sistema imunológico é constituído por uma complexa rede de células e moléculas dispersas por todo o organismo e se caracteriza biologicamente pela capacidade de reconhecer especificamente determinadas estruturas moleculares ou抗ígenos e desenvolver uma resposta efetora diante destes estímulos, provocando a sua destruição ou inativação. Portanto, representa um sistema eficaz de defesa contra microrganismos que penetrem no organismo ou contra a transformação maligna de células. Esta função de defesa é essencial contra o desenvolvimento de infecções e tumores; a mesma tem capacidade de defesa do sistema imunológico e se funda-

menta na ativação das células efetoras que incluem os linfócitos e as apresentadoras de抗ígenos ou acessórias na produção de anticorpos.

Indubitavelmente, a geração inadequada destas respostas efetoras pode produzir efeitos deletérios para o organismo, provocando reações inflamatórias e dano orgânico em maior ou menor intensidade. Estudos recentes indicam que a realização de exercícios de intensidade moderada pode estimular a eficiência do sistema imunológico, enquanto que o estresse gerado pelo treinamento de alta intensidade dos atletas pode alterar a sua função.

<sup>1</sup> Retirado em <https://dermaflora.com.br/>

A atividade física está associada com variações do comportamento fisiológico, psicológico e do sistema neuroendócrino. Diversos estudos observaram que, em consequência da realização de exercícios, ocorrem variações dos leucócitos, da distribuição das populações linfocitárias e da função imunológica (neutrófilos, células acessórias, células citotóxicas espontâneas ou Natural Killer, linfócitos T e B). A qualidade e a intensidade dessas alterações parecem depender da intensidade e da duração do exercício, que podem modificar a intensidade, a atividade, a resposta metabólica e a liberação de neurotransmissores e hormônios. A prática regular de exercícios (de caráter não competitivo ou competitivo) traz diversos benefícios, entre os quais se podem destacar: benefícios ao nível do sistema cardiovascular, da função respiratória e do tônus muscular; diminuição do estresse, melhora do estado de ânimo e favorecimento da estabilidade emocional; promoção de um melhor controle metabólico, otimização da massa corporal, etc., todos esses fatores, resultando em uma maior produtividade no trabalho e para atividades do cotidiano. Há ainda outras consequências complexas como a facilitação da função imunológica e a maior resistência dos desportistas a infecções.

De fato, os esportes de competição geram uma grande ansiedade que é acompanhada por alterações neuroendócrinas e cardiovasculares, que contribuem por sua vez para o surgimento de distúrbios do sistema imunológico.

Os atletas submetidos a um treinamento de alta intensidade e grande volume, apresentam uma maior suscetibilidade ao desenvolvimento de infecções leves; qualquer doença infecciosa, por mais clinicamente leve que seja, está associada com uma queda de desempenho em atleta.

Alterações fisiopatológicas pelo exercício intenso:

- Alterações metabólicas e hidro eletrolíticas;
- Distúrbios neurológicos;
- Alterações neuroendócrinas;
- Tendência a lesão celular e inflamação muscular;
- Alterações do sistema imunológico com aumento do risco de doenças.

### Estrutura do Sistema Imunológico

O sistema imunológico comprehende as vias principais, através das quais o ser humano responde se adaptando aos desafios exógenos e endógenos. Está formado por uma série de células e moléculas, distribuídas pelo organismo, imprescin-

díveis para a sua defesa frente a infecções e/ou situações que comprometam a sua integridade. As proteínas do sistema imunológico representam 20 a 25% da concentração de total de proteínas plasmáticas e o seu componente celular representa aproximadamente 15% das células corporais.

O sistema imunológico é um conjunto de estruturas e processos biológicos formados por uma rede de células, tecidos e órgãos, que atuam na defesa do organismo contra as doenças. Estes invasores externos, chamados de antígenos, podem ser microrganismos como bactérias, fungos, protozoários, vírus ou agentes nocivos como substâncias tóxicas.

Os antígenos são combatidos por substâncias que o próprio sistema imune produz, chamadas de anticorpos. Estes reagem de maneira específica aos antígenos, assim, quando o sistema imune não está totalmente inteiro para combater os invasores de forma eficaz, o corpo acaba por reagir com doenças, infecções ou alergias, específicas do patógeno invasor.

As células do sistema imune pertencem a dois grupos principais: os linfócitos e os macrófagos. Na sequência, um resumo do sistema imunológico quanto às células principais e suas respectivas funções.

Um dos agentes mais importantes na regulação da resposta imune são os macrófagos. Essas células estão presentes nos tecidos conjuntivos e no sangue, chamados de monócitos, e no sistema imune. Como são as primeiras a perceber a presença dos agentes invasores, têm como função detectar e fagocitar esses microrganismos.

Ainda, desempenham o papel de limpadores (fazem a limpeza do tecido necrosado ou inflamado) e de produtores de interleucinas (responsáveis pela ativação dos linfócitos e na indução da divisão de outras células). Produzidos na medula óssea e no timo, são um tipo de leucócito (glóbulo branco) e podem ser classificados em três tipos principais:

**Linfócitos B:** responsáveis pela produção de anticorpos. Reconhecem o receptor do antígeno e transformam-se em plasmócitos. Estes produzem e secretam os anticorpos necessários que se ligam com o antígeno;

**Linfócitos T auxiliadores:** tem como função comandar a defesa do organismo. São os responsáveis por interagir com os linfócitos B e auxiliá-los na produção de anticorpos;

**Linfócitos T matadores:** o próprio nome já diz: são responsáveis pela destruição de células anormais,

infectadas ou estranhas ao organismo.

### *Os Órgãos do Sistema Imunológico*

Os tecidos e órgãos do sistema imunológico podem ser classificados em dois grupos: primários e secundários. Os primeiros são os principais locais de formação e amadurecimento dos linfócitos.

Já os segundos fornecem o ambiente necessário para que os linfócitos possam interagir entre si, após a sua produção e seu amadurecimento com células acessórias e com antígenos. Órgãos imunitários primários:

**Medula óssea:** corresponde a um tecido conjuntivo que está presente no interior de ossos longos. Além da produção de células sanguíneas e plaquetas, a medula produz organismos importantes relacionados à imunidade como os linfócitos B e os linfócitos T, que são glóbulos brancos do sangue. É nesse órgão, também, que os linfócitos B são amadurecidos;

**Timo:** responsável pelo amadurecimento dos linfócitos T, é produzido na medula óssea, para, em seguida, ser liberado para o sangue. Durante toda a vida, o timo faz o processo inverso (involução), ou seja, ele diminui de tamanho. Por isso, é substituído pelo tecido adiposo nos ido-

sos, contribuindo para a diminuição da produção de linfócitos T.

Órgãos imunitários secundários:

**Linfonodos:** também chamados gânglios linfáticos, são pequenos órgãos que se encontram nos vasos linfáticos. É nesse local que a linfa será filtrada, em seu caminho para o coração, para permitir que partículas invasoras sejam fagocitadas pelos linfócitos e macrófagos existentes nos linfonodos;

**Tonsilas:** sua função é bastante parecida com a dos linfonodos. São responsáveis pela produção dos linfócitos e estão localizadas na parte posterior da boca e acima da garganta;

**Baço:** responsável por filtrar o sangue para remover os microrganismos, substâncias estranhas e resíduos celulares. Também atua na produção dos linfócitos;

**Adenoides:** constituídos por um conjunto de tecidos linfoides protetores, estão localizados no fundo da cavidade nasal. A sua principal função é ajudar na proteção do organismo contra bactérias e vírus que causam doenças transmitidas pelo ar;

**Apêndice cecal:** é um pequeno órgão tubular localizado na primeira porção do intestino grosso (ceco). É dotado de grande quantidade de glóbulos brancos e é responsável pela defesa do organismo.

### *Componente Solúvel Imunoglobulinas*

O componente molecular próprio do sistema imunológico é formado pelas imunoglobulinas (sistema de imunidade humoral). Estas moléculas são um produto da diferenciação dos linfócitos B em células plasmáticas. A sua produção é induzida pela exposição das células B a um antígeno, que é reconhecido de forma específica. Todas as células B, derivadas da que foi estimulada pelo antígeno secretam imunoglobulinas, cuja região de interação com o antígeno é semelhante. As regiões constantes das imunoglobulinas são limitadas e pode-se identificar cinco tipos: IgG, IgA, IgM, IgD e IgE. Cada clone de células B pode secretar os diferentes tipos. A resistência às infecções é devida, em parte, à presença de níveis séricos suficientes de imunoglobulinas, tanto em nível plasmático quanto tissular. As concentrações dessas moléculas também são importantes nas mucosas, principalmente os de IgA secretora. As imunoglobulinas séricas aumentam durante a fase de recuperação de infecções. A resistência à reinfeção é atribuída geralmente à presença adequada de níveis de antígeno específico de imunoglobulinas no soro ou nas secreções respiratórias.

### *Complemento*

O sistema complemento é um conjunto de proteínas séricas que são sintetizadas principalmente no fígado e que ao serem ativadas interagem entre si de forma sequencial, originando uma série de reações em cascata com produção de diferentes fragmentos proteicos, que são capazes de provocar diferentes efeitos biológicos, entre os quais podemos destacar a destruição de membranas celulares, o aumento da atividade fagocitária celular e a indução de reações inflamatórias.

### *Citocinas*

O estado funcional dos linfócitos e das células acessórias é regulado preferencialmente por uma série de moléculas não antígeno específicas ou citocinas, que incluem principalmente as linfocinas e as monocinas.



**Fonte:**  
<https://www.technologynetworks.com/>

As linfocinas e as monocinas são moléculas produzidas respectivamente por linfócitos ou monócitos e que regulam a proliferação e a diferenciação das células do sistema imunológico. Estas moléculas são liberadas pela ativação dos linfócitos e dos monócitos, atuando sobre receptores de membrana e dando lugar à blastogênese e/ ou à produção de células efetoras.

A composição bioquímica destas moléculas é independente do antígeno, que induz a ativação celular, de tal modo que para cada uma delas a sua estrutura é a mesma nos diferentes linfócitos ou células acessórias que as sintetizam. Comprovou-se recentemente que nem a síntese e nem os efeitos das linfocinas e monocinas são limitadas ao sistema imunológico. Dessa forma, estas moléculas podem regular a função das células de outros órgãos e tecidos, englobando-se no conceito geral de citocinas. Por outro lado, também é evidente na atualidade que o estado funcional das células do sistema imunológico está modulado por células pertencentes, aparentemente, a outros sistemas, como o nervoso e o endócrino.

Foi incorporado às citocinas outro grande grupo de media dores representados pelas quimiocinas, moléculas que regulam o tráfego

leucocitário e a distribuição tissular destas células.

### **Fatores que Modificam os Mecanismos Imunológicos**

#### **Efeitos do Exercício Físico**

**Fatores gerais:** São vários os fatores capazes de modificar o comportamento do sistema imunológico, como a idade, os fatores genéticos, metabólicos, ambientais, anatômicos, fisiológicos, nutricionais e microbiológicos.

Nos indivíduos mais jovens e nos idosos é observada uma maior suscetibilidade às infecções, que está relacionada com a capacidade imunológica limitada nessas faixas etárias. O apogeu funcional do sistema imunológico é adquirido após o nascimento, durante um período mais ou menos longo de vida. Por outro lado, o envelhecimento provoca modificações estruturais e funcionais em diferentes sistemas celulares, incluindo o imunológico, mas além disso, os fatores genéticos são importantes na eficácia da resposta imunológica e demonstraram estar relacionados em determinados níveis de suscetibilidade a certas infecções na população. Existem ainda outros fatores metabólicos que condicionam a depressão de alguns sis-

temas hormonais e originam uma maior suscetibilidade às infecções.

Nesse sentido, são exemplos os níveis reduzidos de secreção hormonal pancreática, suprarrenal e tireoidiana.

Os fatores nutricionais também estão relacionados com reduções da capacidade imunológica. Os efeitos prejudiciais dos déficits dietéticos específicos, de minerais, aminoácidos e vitaminas do complexo B estão implicados no desenvolvimento da imunidade adquirida, tanto humoral quanto celular. Entretanto, em determinadas circunstâncias, uma redução da ingestão de proteínas pode originar uma potenciação da resposta imunológica. A deficiência de ferro está associada a um aumento da prevalência de infecções, e o déficit de zinco e magnésio estão relacionados com quedas de imunidade. Em indivíduos mal nutritidos, foram descritas reduções da produção de interleucina-1, bem como dos fatores do complemento e uma redução importante da elevação das proteínas de fase aguda em processos infecciosos e inflamatórios.

### ***Efeitos do Exercício Sobre o Sistema Imunológico***

Tanto o “estresse” psicológico quanto o produzido pelo exercício

físico são acompanhados por um aumento da descarga de catecolaminas (adrenalina e noradrenalina), que exercem influência sobre uma série de processos fisiológicos, sendo um fator a mais na modulação da imunidade. A resposta ao “estresse” se reflete em modificações bioquímicas, endocrinológicas, hematológicas, fisiológicas, etc., que pretendem levar o organismo à sua situação homeostática ideal.



**Fonte:**

<https://www.jequieurgente.com/>

A hipertermia provocada pelo exercício estimula a síntese de mediadores imunológicos (citocinas), que são capazes de produzir um aumento das proteínas da fase aguda e da proliferação de linfócitos (células específicas da imunidade). O sistema imunológico pode se alterar secundariamente ao “estresse” e desencadear repercussões metabólicas, sistêmicas e locais, implicadas nessa redução do desempenho físico.

As alterações da função imunológica podem ser acompanhadas por alterações gerais e tissulares locais, que cursam com doença inflamatória. Diversos estudos realizados sobre a influência do exercício físico agudo sobre o sistema imunológico mostraram um aumento do número de leucócitos circulantes (leucocitose). O grau de leucocitose parece estar relacionado com diversas variáveis, entre as quais se encontra o grau de “estresse” sofrido pelo indivíduo.

Observa-se que a leucocitose é proporcional à concentração plasmática das catecolaminas, que aumenta com a intensidade e duração do exercício físico. Com o exercício físico, além de variar o número de linfócitos no sangue, é modificada também a sua função. A controvérsia sobre as características dessas variações linfocitárias é grande, mas a maioria dos autores descreve um efeito supressor do exercício sobre as células T.

Efeitos do exercício intenso e sustentado sobre o sistema imunológico:

- Leucocitose;
- Granulocitose;
- Redução de imunoglobulinas;
- Redução de linfócitos NK (natural killer);
- Aumento de citocinas;
- Redução do complemento;

- Aumento das proteínas reacionais da fase aguda;
- Redução da proteína C reativa.

Foram detectadas também alterações dos níveis séricos das imunoglobulinas, assim como na capacidade funcional das células B17. Estes achados deixam clara a existência de modificações do sistema imunológico após vários meses de atividade desportiva intensa.

2



## 2. Regulação Neuroendócrina do Sistema Imunológico



Fonte: Science<sup>2</sup>

Parece clara a relação entre o sistema imunológico e o neuroendócrino. Tanto é assim que há células imunocompetentes que contêm uma importante concentração de peptídeos, hormônios e receptores, associados classicamente com o tecido neuronal e/ou endócrino. A intervenção dos fatores metabólicos, psicológicos e destas células imunocompetentes é produzida em consequência aos distúrbios provocados pelo exercício físico intenso. A resposta mais imediata ao esforço é o aumento da atividade simpática, que provoca um grande aumento

das catecolaminas circulantes. As catecolaminas possuem o seu papel na modulação imunológica com o exercício, já que provocam leucocitose e linfocitose, afetando também a sua distribuição e função de suas respectivas populações celulares.

Em geral, a descarga de catecolaminas, como resposta ao componente de “estresse” originado pela atividade física de alta intensidade, se comporta como elemento imunossupressor. Além disso, como se estimulou todo o eixo simpático adrenal, se produz uma liberação de corticosteroides, que também se

<sup>2</sup> Retirado em <https://www.zmescience.com/>

comportam como imunossupressores. Os corticosteroides produzem uma redução da proliferação de linfócitos, uma redução da produção de interleucina-2 (IL-2) e uma diminuição dos receptores para IL-2. Estes efeitos dependem da intensidade e duração do exercício, já que a liberação de corticosteroides e seus níveis circulantes está relacionada com a duração e a intensidade do exercício. Por outro lado, a secreção adrenocortical, em resposta ao componente inflamatório do exercício, produz uma ativação das células imunocompetentes.

Estas células, por sua vez, são diretamente afetadas pelo hormônio do crescimento (GH) e a prolactina. Os linfócitos apresentam receptores para o GH, observando-se que deficiências desse hormônio provocam um estado imunodeficiente (por atrofia do timo), que é reversível quando se realiza o tratamento com o GH<sup>39</sup>.

A prolactina se une a receptores específicos de vários tipos de linfócitos, sendo a sua proliferação estimulada por citocinas e a sua secreção por linfócitos, constituindo por sua vez um fator de crescimento para as células linfóides. Por outro lado, as citocinas possuem um importante efeito neuro imunomodulador, como se observa na resposta inflamatória.

De fato, em pacientes com distúrbios não endócrinos, as citocinas atuam na ativação do eixo hipotálamo-hipofisário-adrenal e provocam inibição dos eixos hipofisário-tireoidiano e hipofisário gonadal. Outros componentes que interferem na regulação do sistema imunológico são as prostaglandinas, principalmente a E2 (PGE2), produzidas e liberadas pelos monócitos e neutrófilos.

### Significado das Alterações do Sistema Imunológico

O sistema imunológico é capaz, não somente de proteger o organismo pela detecção e bloqueio de componentes estranhos, mas também de atuar como comunicador de informações ao cérebro e ao sistema neuroendócrino. Por essa razão, e como consequência do estado inflamatório gerado pelo exercício, as alterações da função imunológica são acompanhadas por modificações sistêmicas caracterizadas por hipertermia, astenia, predisposição a infecções, fadiga e alterações tissulares, que levam a uma redução do desempenho desportivo.

Recentemente, vários estudos realizados em atletas de elite demonstraram que o treinamento diário de alto nível, ao longo da tempo-

rada de competição, provoca marcas das alterações no sistema imunológico, tanto em condições basais quanto durante o exercício máximo.

As alterações imunológicas observadas nos atletas parecem poder estar associadas com reduções da capacidade de resistência e do desempenho. Estes dados sugerem que alterações do sistema imunológico podem estar implicadas no mecanismo de fadiga muscular. No nosso grupo de trabalho, observamos que atletas em plena atividade de treinamento e competição apresentam modificações importantes na distribuição linfocitária e no seu estado de ativação. Esta alteração do sistema imunológico pode produzir danos tissulares e uma redução do desempenho.

A etiologia destas lesões pode se relacionar com a infiltração tissular de células do sistema imunológico, com capacidade inflamatória, ou pelos efeitos das citocinas e quimiocinas sobre células residentes nos tecidos. A relação entre os níveis de enzimas hepáticas e musculares que refletem um comprometimento desses tecidos e alterações do sistema imunológico observadas em atletas, contribuem para apoiar esta relação patogênica. Estas variações imunológicas observadas nos desportistas podem estar relacionadas

com a patogenia das lesões musculares e no estado sistêmico de inflamação. Por sua vez, as alterações tissulares podem perpetuar e ampliar a disfunção do sistema imunológico, que estaria inicialmente desencadeada por variações hormonais, metabólicas e neuropsicológicas.

### ***Exercícios Físicos e Sistema Imunológico: Mecanismos e Interações***

Diferentes tipos e cargas de EF podem provocar alterações distintas nos parâmetros imunes. Alguns estudos vêm demonstrando que o EF moderado (<60% do VO<sub>2</sub>máx) parece estar relacionado ao aumento da resposta dos mecanismos de defesa orgânica, enquanto que o EF mais intenso e prolongado (>65% do VO<sub>2</sub>max) ou o treino excessivo parecem enfraquecê-la.

Na base desta influência poderá estar a inter-relação existente entre o sistema nervoso (SN), o sistema endócrino (SE) e o SI. De fato, durante a atividade física ocorre ativação inicial do sistema nervoso simpático (SNS), que estimula a produção e a liberação de catecolaminas, hormonas e neurotransmissores relacionados ao stress. Além disso, há também ativação do eixo hipotálamo-pituitária-adrenal (HPA)

que parece possuir uma relação intrínseca com as componentes do SI, não só pela presença de receptores hormonais em leucócitos, mas também pela relação anatômica observada entre os três sistemas.

Esta revisão tem por objetivo abordar os pontos relevantes da influência dos diferentes tipos de EF sobre a concentração e a funcionalidade de alguns componentes do SI. Para uma compreensão mais abrangente, serão relatados também estudos evidenciando a integração entre o SN, o SE e, em particular, o SI, observados durante o EF.

### ***Exercício Físico e a Imunidade***

Diferentes tipos e cargas de EF podem provocar alterações distintas no SI. Neste sentido, é importante conhecer como o exercício agudo (carga súbita de EF), moderado (entre 50 a 65% do VO<sub>2</sub>máx) ou intenso (acima de 65% do VO<sub>2</sub>máx) podem influenciar alguns parâmetros da imunidade tanto celular como humorai.

Um estudo pioneiro nessa área foi realizado no início do século XX (1902) por Larrabee, o qual verificou uma leucocitose em corredores a seguir uma maratona, decorrente, sobretudo, do aumento do número de neutrófilos na circulação. Contudo, a relação entre EF e SI tornou-se

mais sólida a partir de observações realizadas por pesquisadores acerca do aumento da incidência de infecções do trato respiratório superior (IRTS), em atletas após treinamentos intensos ou prolongados, e/ou competições exaustivas.



**Fonte:**

<http://www.academia24horas.com.br>  
r/

Os efeitos do EF sobre as componentes do SI são empiricamente conhecidos, apesar de só recentemente estarem a ser estudados os mecanismos subjacentes a estas influências.

De forma geral, o EF agudo provoca um aumento na concentração de leucócitos na circulação. A leucocitose observada durante e após o exercício, decorre principalmente do aumento da concentração de neutrófilos. Este aumento parece resultar da migração de células do tecido endotelial para o sangue ou como parte da resposta inflamatória às lesões no tecido muscular.

Os neutrófilos polimorfo nucleares (PMN) compreendem a subpopulação de leucócitos de maior número na circulação. Para desempenhar suas funções nos tecidos, os PMN migram na direção de partículas a serem ingeridas (quimiotaxia)<sup>78</sup>. Daí então podem reconhecer, aderir e engolofar muitos microbios, bactérias e vírus (fagocitose) e descarregar o conteúdo de seus grânulos citoplasmáticos nos vacúolos fagocíticos (desgranulação). Para além disso, os PMN são mediadores da lesão tecidual durante a inflamação, via libertação de espécies reativas de oxigênio e outros fatores tóxicos (atividade oxidativa). Os estudos sobre o efeito do EF moderado na função de PMN ainda são conflitantes. Muitos pesquisadores verificaram que o EF moderado parece auxiliar a quimiotaxia, a desgranulação e a atividade oxidativa dos PMN a seguir 1 hora de EF a 60%.

Entretanto, Pyne et al encontraram uma diminuição na atividade oxidativa de PMN em atletas a seguir 40 minutos de EF aeróbico a 65% do VO<sub>2</sub>máx. Um estudo verificou um aumento na atividade oxidativa de PMN, tanto em atletas quanto em sujeitos não treinados antes e a seguir 1 hora de EF aeróbico a 60% do VO<sub>2</sub>máx.

Muns et al verificaram um aumento da atividade fagocítica dos

PMN em homens treinados 24 horas a seguir uma corrida de 20 km a 60% do VO<sub>2</sub>máx. Por outro lado, Ortega et al não encontraram alteração significativa na atividade fagocítica de PMN imediatamente a seguir 1 hora de bicicleta a 50% do VO<sub>2</sub>máx em homens sedentários. A variabilidade do tempo de avaliação da função destas células a seguir o EF, o nível de aptidão física individual e os diferentes protocolos experimentais utilizados podem justificar os diversos resultados encontrados.

Contrariamente ao EF moderado, os estudos referentes à resposta funcional de PMN ao EF intenso parecem mais consistentes. Com exceção da atividade fagocítica e da desgranulação, as funções dos PMN parecem diminuir a seguir um EF intenso. Alguns estudos verificaram que a capacidade oxidativa destas células é temporariamente atenuada durante uma carga aguda de EF intenso (>85% do VO<sub>2</sub>máx) e no período de recuperação. Pedersen e Bruunsgaard relatam que a imunossupressão observada é apenas evidente quando o EF é intenso e de longa duração (60 min ou mais). Robson et al compararam o efeito de um EF a 80% VO<sub>2</sub>máx (durante 1 hora) com um EF a 55% VO<sub>2</sub>máx (durante 3 horas) em indivíduos ativos. Estes autores verificaram, con-

tudo, que durante e após o esforço, houve um aumento similar na contagem de PMN nas duas intensidades. Curiosamente, a diminuição da atividade oxidativa e antibactericida destas células foi mais pronunciada a seguir o EF moderado.

Assim, as alterações nas funções dos neutrófilos parecem ser dependentes não somente da intensidade, mas também da duração do esforço. Aliás, as alterações funcionais destas células em resposta a diferentes cargas de EF podem ser clinicamente significativas refletindo um estado de stress ou imunossupressão associados ao EF, assim como um indicativo de overtraining. Outra linhagem de células fagocíticas inclui os mononucleados: monócitos e macrófagos. Os monócitos são células disponíveis no sangue periférico que continuamente se diferenciam em macrófagos após migrarem para os tecidos. Os macrófagos estão presentes em vários tecidos, órgãos e cavidades. O EF agudo, independente da intensidade e da duração, parece provocar uma monocitose temporária. Por outro lado, a quantificação de macrófagos nos tecidos em resposta a um EF é relativamente inacessível em humanos.

Os fagócitos mononucleares são importantes células efetoras, al-

tamente regulados por outras células (linfócitos T e B) e por mediadores químicos produzidos pelo SNS e pelo eixo HPA. Estão envolvidos na fagocitose e na atividade microbicida e antitumoral, manifestam uma função celular acessória como apresentadores de抗原 (antigen) e promovem o desenvolvimento da imunidade mediada por linfócito. São também uma fonte de citocinas mediadoras das reações inflamatórias e fisiopatológicas que acompanham a lesão celular. Aspectos característicos dos macrófagos incluem a capacidade de aderência, a quimiotaxia, a produção de óxido superóxido e a citotoxicidade. Estas células também possuem a capacidade de manifestar efeitos pró e anti-inflamatórios sobre a função de outros tipos celulares.

O stress provocado pelo EF parece ter um efeito estimulador na função de macrófagos. Tanto o EF moderado como o intenso podem aumentar várias funções destas células incluindo a quimiotaxia, a aderência, a produção de óxido superóxido, a taxa de metabolismo do nitrogênio, a atividade citotóxica e a capacidade fagocítica. Os mecanismos subjacentes a estas respostas ainda permanecem desconhecidos, mas podem estar associados a fatores neuroendócrinos. Ademais, ain-

da são necessários estudos que investiguem a significância fisiológica das alterações funcionais destas células. Em animais, Woods et al observaram que tanto uma corrida exaustiva num tapete (18-35 m/min, 5% de inclinação, durante 2-4 h) quanto uma moderada (18 m/min, 5% de inclinação, durante 30 min) podem provocar um aumento da citotoxicidade antitumoral de macrófagos peritoniais. Outro estudo observou um aumento no processo fagocítico de macrófagos peritoneais de ratos submetidos à natação até a exaustão ou submetidos ao treino (90 minutos de nado durante 20 dias).

Entretanto, Davis et al<sup>15</sup> verificaram recentemente que um EF extenuante de longa duração (2.5-3.5 h) pode provocar diminuição na atividade antiviral de macrófagos alveolares e aumentar a susceptibilidade de infecções em ratos. Woods et al também verificaram que o EF muito intenso e de curta duração induziu a uma redução na capacidade de apresentação de抗énios por macrófagos peritoneais em camundongos. De forma geral, o EF provoca alterações nestas células, contudo o efeito modulador parece depender do parâmetro a ser avaliado, da intensidade, do tipo e mais pronunciadamente da duração do

exercício. Todavia, a localização tecidual específica do macrófago estudado parece ser mais determinante. Nos tecidos também são encontradas outras tipos de células do SI. Os linfócitos teciduais estão em equilíbrio dinâmico com aqueles do sangue e recirculam continuamente através de canais vasculares e linfáticos, de um órgão linfóide para o outro.

O aumento da concentração destas células durante o EF agudo, moderado ou intenso, decorre do recrutamento de todas as suas populações (células natural killer (NK), linfócitos T e linfócitos B) para o compartimento vascular, constituindo uma resposta altamente estereotipada. Portanto, durante o exercício, é verificado um aumento de linfócitos em cerca de 50% a 100% em relação ao valor basal. No período de recuperação (30 minutos após o exercício), a contagem de linfócitos diminui de 30% a 50% abaixo dos níveis pré exercício, permanecendo assim durante 3 a 6 horas.

Dentre as populações de linfócitos, as células NK parecem ser as mais responsivas imediatamente após uma carga súbita de EF. As células NK são conhecidas por desencadearem defesa precoce contra certas infecções intracelulares. Desse modo, elas participam da extermi-

nação de células tumorais e células infectadas por vírus (atividade citolítica), sem necessidade prévia de imunização ou ativação.

Exercícios de vários tipos, durações e intensidades induzem o recrutamento de células NK para o sangue, assim como provocam alterações na atividade citolítica destas células. Tvede et al estudaram a resposta das populações de linfócitos em ciclistas dinamarqueses durante 1 hora de EF em três diferentes intensidades de esforço (25, 50 e 75% do VO<sub>2</sub>máx). Neste estudo, linfócitos e posterior linfopenia foram observadas durante o EF a 50% e 75% do VO<sub>2</sub>máx. Foi ainda verificado que a atividade citolítica de células NK e da linfocina ativadora de células NK (LAK) aumentou durante todas as instâncias de esforço e foi suprimida 2 horas pós esforço apenas a seguir o EF a 75% do VO<sub>2</sub>máx.

De fato, a seguir 1 ou 2 horas de EF intenso de longa duração (>75 % durante 1 hora), a concentração de células NK e a atividade citolítica diminuem em cerca de 25 – 40% do nível basal. E esta redução pode prolongar-se por até 2 – 4 horas a seguir o EF. Um estudo demonstrou que o EF exaustivo de força (sets de 10 repetições a 65% de 1- RM até a fadiga) em atletas treinados também provoca uma diminuição na função

citolítica das células NK no período de recuperação (2 horas pós- esforço). Da mesma forma, alguns pesquisadores observaram uma diminuição da atividade citolítica destas células em atletas remadores submetidos a um EF muito intenso de curta duração (6 minutos). Neste sentido, a intensidade, mais do que a duração, parece ser responsável pelo grau de incremento de células NK na circulação e pelas alterações funcionais destas células. Vale salientar que a diminuição da atividade citolítica das células NK no período de recuperação pode suscetibilizar o indivíduo a infecções. Durante um EF agudo ocorre também um aumento da concentração dos linfócitos T, seguido de uma diminuição no período de recuperação<sup>76</sup>. Os linfócitos T podem ser divididos em subpopulações de acordo com as moléculas antigénicas de superfície co-receptoras: células T auxiliares (CD4+) e células T citotóxicas ou supressoras (CD8+) <sup>35</sup>. As células T CD8+, entre outras funções, são responsáveis pela destruição de células infectadas por vírus ou de células tumorais<sup>35</sup>. As células T CD4+ atuam na libertação de LAK, além de interferirem na estimulação, proliferação e maturação de linfócitos B<sup>35</sup>. Um EF a 50% do VO<sub>2</sub>máx parece não alterar

a concentração de células T CD4+ e T CD8+<sup>40,76,91,92</sup>.

Um estudo não verificou modificação na percentagem de células T CD4+ e T CD8+ em 18 adultos jovens sedentários submetidos a cinco cargas repetidas de EF submáximo em cicloergômetro. Contudo, alguns estudos têm observado que um EF a 75% do VO<sub>2</sub>máx tende a provocar uma diminuição na concentração de células T CD4+, sem alterar a concentração de células T CD8+<sup>3,25,76</sup>. Dessa forma, a proporção de CD4+/CD8+ diminui refletindo um maior aumento de células T CD8+<sup>3</sup>. E este aumento pode estar associado com estados de imunossupressão. Um linfócito ativado deve proliferar antes que sua prole se diferencie em células efetoras para a produção de linfócitos específicos em número suficiente para combater uma infecção. A duração e a intensidade do EF parecem ser determinantes na resposta proliferativa de linfócitos. Em humanos, a resposta proliferativa de linfócitos T em resposta a um EF a 50% e 75% do VO<sub>2</sub>máx (durante 1 hora) parece diminuir no período de recuperação<sup>91,93</sup>. Contudo, durante e após um EF máximo de curta duração (6 minutos) não ocorreu alteração da resposta proliferativa de linfócito. Da mesma forma, não foi encontra-

do alteração na proliferação de linfócitos a seguir um EF de resistência de força. Estes resultados decorrem, provavelmente, da presença de fatores neuroendócrinos e de mediadores libertados por células imunes. A seguir exercícios intensos de longa duração (ex. ciclismo, natação, maratona) ocorre uma diminuição em cerca de 70% na concentração salivar da imunoglobulina A (IgA) por várias horas pós esforço.

As Ig são glucoproteínas secretadas por linfócitos B. Elas combinam-se especificamente com a substância que induziu sua produção e formam o braço humoral da resposta imune. A IgA constitui 10% a 15% do total de imunoglobulinas, sendo a principal classe de anticorpo das mucosas.

Alguns estudos relatam a não ocorrência de alterações na concentração salivar de IgA e de IgE, no soro, durante um exercício moderado. Contrariamente, Blannin et al encontraram baixas concentrações de IgA após uma corrida de 31 Km a 65% do VO<sub>2</sub>máx. Outros estudos encontraram também uma diminuição na concentração de IgA, tanto na saliva quanto na mucosa nasal a seguir um EF intenso de longa duração.

Dessa forma, os pesquisadores estão a associar a coincidência desta

redução com o aumento da prevalência de ITRS em atletas. De fato, os estudos epidemiológicos relatam uma alta incidência de ITRS em maratonistas uma ou duas semanas a seguir uma prova ou um treinamento intenso. Um estudo verificou que os sintomas de ITRS ocorridos em maratonistas foram na ordem de 33.3%, enquanto os ocorridos no grupo controle foram de 15.3%. Embora os estudos revelem um aumento dos sintomas de ITRS após um exercício intenso e de longa duração, não existem informações se esses sintomas são decorrentes do processo infeccioso em si, ou se são devidos a uma inflamação local ou sistêmica causada pelo exercício.



**Fonte:**

<http://globoesporte.globo.com/>

Muitos aspectos da relação existente entre exercício físico e imunidade ainda não estão totalmente esclarecidos. Fatores como: o período de avaliação da alteração e

da resposta imunológica, o nível de aptidão física e nutricional do indivíduo, o estado psicológico, o over-training, as condições climáticas e os precedentes alérgicos e inflamatórios no trato respiratório, merecem ser considerados. Ademais, a natureza transitória das alterações observadas pode, simplesmente, refletir uma auto modulação das células imunes em busca da homeostase.

### ***Exercício Físico e a Integração Entre os Sistemas Nervoso, Endócrino e Imune***

Durante e a seguir uma carga súbita de EF ocorrem alterações na concentração e na funcionalidade de células do SI<sup>76</sup>. Todavia, essas alterações não devem ser vistas isoladamente, mas como parte de uma complexa rede bidirecional de sistemas interligados. Durante o exercício, é verificado um aumento nas concentrações de dopamina e nora-drenalina a nível cerebral<sup>7</sup>. Em consequência, há secreção da hormona libertadora da corticotropina (CRH) a nível hipotalâmico. A corticotropina (ACTH) e as b-endorfinas são então libertadas pela pituitária anterior. A descarga de ACTH estimula o córtex adrenal a produzir glucocorticóides e aminas biogênicas<sup>7</sup>. De fato, a ativação do SNS e os eventos

sequenciais do eixo HPA parecem possuir uma relação intrínseca com as componentes do SI, não só pela presença de receptores hormonais em leucócitos, mas também pela relação anatômica observada entre os três sistemas. As células do SI parecem possuir receptores para as b-endorfinas, catecolaminas, cortisol, hormona do crescimento (GH) e diversos outros mediadores envolvidos na reação ao stress.

Em resposta tanto a um EF prolongado e intenso ( $>70\%$  do VO<sub>2</sub> max) quanto a um exercício de curta duração e muito intenso ( $>85\%$  do VO<sub>2max</sub>) ocorre um aumento das concentrações de b-endorfinas na circulação. É interessante notar que os leucócitos expressam receptores para as β-endorfinas. Esta constatação levanta a hipótese de uma possível influência desses mediadores na função de células do SI durante o exercício.

Estudos com humanos sugerem que as b-endorfinas podem diminuir a produção de imunoglobulinas. Recentemente foi verificado em ratos que as b-endorfinas inibem a proliferação de linfócitos e parecem estar envolvidas no aumento da quimiotaxia e da fagocitose de macrófagos peritoneais. Da mesma forma, parece aumentar a atividade citolítica de células NK durante o stress

crônico, mas não o recrutamento destas células para circulação.

O recrutamento de PMN e das populações de linfócitos para o compartimento vascular durante o EF parece ser mediado pela adrenalina, e em menor grau pela noradrenalina. Durante o EF, a adrenalina e a noradrenalina são libertadas da medula adrenal e a noradrenalina dos terminais nervosos simpáticos. A concentração sanguínea desses mediadores aumenta linearmente com a duração do exercício e exponencialmente com a intensidade do mesmo. A expressão de receptores nas diferentes células imunes fornece a base molecular para ação das catecolaminas.

Contudo, a densidade de receptores adrenérgicos e a eficiência do sistema de transdução AMPc diferem nos vários tipos de células imunocompetentes. Os PMN e as células NK parecem apresentar maior número de receptores em comparação a outras células imunes. Neste sentido, é provável que a resposta imediata destas células aos efeitos do EF agudo, moderado ou intenso, decorra do efeito modulador das catecolaminas.

Quando o exercício se prolonga, prossegue o aumento da concentração de PMN e linfócitos devido, provavelmente, a elevação das

concentrações de cortisol no plasma.

O cortisol, em pequenas quantidades, melhora a função imune, visto que um dos papéis deste hormônio no SI é o de estimular a migração de células da medula para a circulação, assim como, dos linfonodos para os tecidos lesionados.

Contudo, o aumento da concentração de cortisol no sangue pode causar linfocitopenia, monocitopenia e neutrofilia em humanos. Esta hormona inibe a migração de células inflamatórias para locais lesionados, proliferação de linfócitos, e é inibidora da função de macrófagos e limitadora da atividade das células NK<sup>34,74,90,101</sup>. Para, além disso, parece induzir baixa na regulação de receptores de linfócitos Te aumentar a taxa de catabolismo, reduzindo as reservas de aminoácidos que são necessários para proliferação de linfócitos B e síntese de imunoglobulina. Alguns estudos relatam ainda, que EF intenso de longa duração parece induzir a apoptose de linfócitos decorrente do aumento dos níveis de cortisol. Portanto, os efeitos do aumento da concentração do cortisol podem estar relacionados à imunossupressão evidenciada após treinamentos exaustivos ou EF intensos e de longa duração.

Ainda relacionado com a intensidade do esforço, a GH é tam-

bém libertada da pituitária anterior durante o EF. Nos mononucleares podem-se verificar receptores para a GH. É interessante notar que em resposta ao stress físico, a GH quando combinada com a adrenalina provoca neutrofilia.

Contudo, parece não atuar no recrutamento de linfócitos para a circulação. As células imunocompetentes parecem, portanto, possuir não só receptores hormonais, mas também a capacidade para produzir e secretar algumas hormonas e neuropeptídeos. De forma idêntica ao que acontece em células da pituitária, a produção destes peptídeos por células do SI respondem, na maioria dos casos, a fatores inibitórios ou estimuladores do hipotálamo, bem como a hormonas envolvidas na regulação do feedback negativo.

Entretanto, a quantidade de hormonas e neuropeptídeos produzidos pelas células do SI é pequena, sugerindo que estas substâncias atuam de forma parácrina e autocrina. O braço recíproco da relação bidirecional entre os sistemas neuroendócrino e imune é constituído por mensageiros libertados das células imunes ativadas, chamados citocinas. As citocinas são pequenas proteínas solúveis secretadas por leucócitos, e outras células, e que

têm por função modular a resposta imune.

A resposta local para uma infecção ou tecido lesionado envolve a produção desses mediadores que vão facilitar o influxo dos vários tipos de leucócitos para a região atingida. Para além da sua ação mediadora no SI, as citocinas podem também atuar no SN e SE, modificando as suas funções. Assim, o estímulo induz as células do SI a produzirem citocinas que, em resposta, parecem atuar nos três níveis: hipotalâmico, pituitário e adrenal. De forma idêntica, os diferentes tipos de células do SN (neurônios, astrócitos e microglíócitos) também sintetizam citocinas e/ou respondem a elas. A lista de citocinas é longa e inclui uma variedade de moléculas cuja origem, estrutura e função têm sido revisadas.

De forma geral, o EF agudo intenso afeta a produção tecidual e sistêmica de citocinas, especificamente as interleucinas (IL) e o fator de necrose tumoral (TNF), assemelhando-se à resposta inflamatória a algum trauma ou infecção. Particularmente os EF excêntricos, os EF muito intensos de curta duração ( $>100\%$  VO<sub>2</sub>máx) ou os intensos de longa duração ( $>80\%$  VO<sub>2</sub>max por mais de 60 min) provocam alterações metabólicas (redução da saturação da hemoglobina arterial e um

aumento na temperatura corporal) e lesões musculares. A hipoxemia e as lesões teciduais associadas a estes tipos de exercício induzem a alterações na resposta imune com liberação de citocinas pró-inflamatórias incluindo a IL-1, a IL-6 e o TNF-α. Entretanto, mais estudos são necessários para afirmar se essas alterações contribuem para imunomodulação relacionada ao exercício.

Neste sentido, a concentração plasmática de IL-1 parece aumentar significativamente em resposta tanto a um EF de longa duração a 60% do VO<sub>2</sub>máx, quanto a um EF de curta duração a 75% do VO<sub>2</sub>máx. Da mesma forma, um estudo verificou um aumento de IL-1 a seguir um EF de resistência de força excêntrico (4x10 repetições a 100% -1RM). A IL-1 é produzida em resposta à infecção nos tecidos periféricos por monócitos e macrófagos e no cérebro por microglíócitos e astrócitos. É suposto que a IL-1 opere como sinal aferente, estimulando o hipotálamo a libertar CRH. A sua administração aumenta consideravelmente as concentrações de ACTH no plasma, constituindo-se como um importante estimulador do eixo HPA4. A IL-1 estimula a ativação de linfócitos T e induz a proliferação de células.

Assim, o aumento da concentração desta citocina pode estar as-

sociado à resposta proliferativa de linfócitos T a seguir uma carga súbita de EF. Outro potente mediador da resposta orgânica de fase aguda é a IL-6. Esta citocina é produzida por várias células imunes (linfócitos e monócitos) e por células não-imunes (condrócitos, astrócitos e células gliais). A sua administração aumenta a produção de ACTH pela pituitária, estimulando o córtex adrenal a libertar glucocorticóides. A IL-6 funciona como um fator coestimulador da ativação de linfócitos T em resposta a um抗énio e é fundamental para maturação de linfócitos B2. De forma geral, o EF associado a lesões musculares induz um aumento transitório na concentração de IL-6 no plasma. Um estudo observou um aumento de IL-6 (29 vezes acima do valor basal) durante 2.5 horas de tapete ergométrico a 75% do VO<sub>2</sub> máx. Em homens sedentários foi relatado um aumento dos níveis de IL-6 a seguir um EF a 75% do VO<sub>2</sub>máx por 60 min. Moldoveanu et al verificaram um aumento desta citocina (18 vezes acima do valor basal) em jovens atletas submetidos a 3 horas de EF a 65% do VO<sub>2</sub>máx. Outro estudo também verificou um aumento de IL-6 no plasma a seguir um EF de força excêntrico (100% de 1RM).

A magnitude da resposta depende da intensidade, do tipo e da

duração do esforço. Todavia parece não estar associada ao nível de aptidão física individual. Muitos dos papéis fisiológicos do TNF-a assemelham-se àqueles da IL-1 e da IL-6<sup>47</sup>. O TNF-à é produzido por linfócitos T, células de Kuppfer, células neurais e células endoteliais, contudo, os fagócitos mononucleares são os principais produtores de TNF- a. A presença desta citocina também está associada ao aumento nos níveis de ACTH no sangue. O TNF-a induz a expressão de moléculas de adesão na superfície das células endoteliais, promovendo, assim, a migração de leucócitos para os locais de inflamação.

Apesar de existir alguma controvérsia devido ao período de avaliação dessa citocina no plasma, muitos investigadores encontraram um aumento de TNF-a a seguir 2 – 3 horas de um EF intenso de longa duração (ex maratona, ciclismo) 8, 19,52,64. Um estudo verificou um aumento de TNF-a em resposta a 2 horas de ciclismo a 60% do VO<sub>2</sub> máx<sup>8</sup>. Outro estudo observou um aumento de 90% a seguir 3 horas de um EF aeróbico a 65% do VO<sub>2</sub> máx<sup>46</sup>.

Assim, a resposta desta citocina a um EF parece ser influenciada pela intensidade e duração do esforço. Todavia, mais estudos são ne-

cessários na avaliação do papel fisiológico do aumento da concentração de TNF-a em resposta a um EF. Muitas áreas da imunologia do exercício ainda não estão totalmente elucidadas, incluindo o padrão da resposta imunológica do exercício agudo em outros tecidos que não o sangue; a integração entre o músculo esquelético e as células imunes; e, se, as mudanças neuroendócrinas são transitórias após frequentes séries de EF agudo, ou se refletem adaptações hormonais persistentes que também estão presentes durante o repouso.

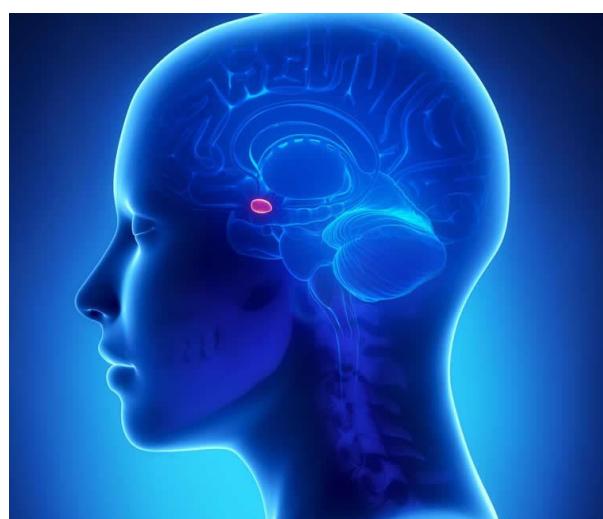
Inúmeros estudos têm evidenciado alterações na concentração e na função de alguns componentes do SI provocadas pelo exercício físico. As evidências disponíveis demonstram que o EF tem efeitos modulatórios importantes sobre a dinâmica de células imunes e, possivelmente, sobre sua função. Os fatores neuroendócrinos que atuam na redistribuição de células e a libertação de citocinas em resposta ao exercício físico parecem mediar a relação entre o SI e o EF. Apesar dos aspectos multifatoriais e das lacunas ainda existentes, essa nova área de investigação a “imunologia do desporto” vem se desenvolvendo nos últimos anos.

O grande desafio dos investigadores, portanto, seria estabelecer

um modelo baseado na intensidade, na duração, na frequência e nos diferentes tipos de esforço físico de forma a instituir o binômio exercício/saúde.

### ***Importância das Alterações do Sistema Imunológico***

O sistema imunológico não só protege o organismo, detectando e bloqueando componentes estranhos, mas também atua como comunicador de informações ao cérebro e ao sistema neuroendócrino. (Costa Rosa et al., 2002).



**Fonte:** <https://boaeboasaude.com.br/>

Estudos de observação evidenciam uma correlação negativa entre o volume da atividade física e níveis de mediadores inflamatórios circulantes, ou seja, quanto mais ativo fisicamente for o indivíduo, menor a possibilidade dos efeitos indesejados.

veis de citocinas pró-inflamatórias. Sugere-se que ajustes adaptativos, em fibras musculares e no sistema imunitário inato, ao exercício regular contribuem com a redução dos níveis basais de citocinas pró-inflamatórias, incluindo o TNF- $\alpha$ , IFN- $\gamma$  e IL-1 $\beta$ . (Costa Rosa et al., 2002).

Embora o mecanismo pelo qual o EF modifica a resposta imunitária seja pouco conhecido, acredita-se que a libertação aguda de citocinas derivadas de fibras musculares (miocinas), particularmente IL-6, regule a produção de mediadores inflamatórios libertados por células mononucleares periférica e, indiretamente, por ação no metabolismo de tecidos e órgãos. (Costa Rosa et al., 2002).

Há estudos que mostram que a atividade física em geral pode promover modificações na concentração, na proporção e nas funções das células brancas do sangue, especialmente nos leucócitos polimorfonucleares, nas células NK e nos linfócitos, afetando também as imunoglobulinas e outros fatores. (Costa Rosa et al., 2002).

Dados obtidos em estudos experimentais demonstram que animais treinados têm menor proliferação de células tumorais, assim como melhor evolução em alguns modelos de infecção, o que sugere que o

exercício físico, quando praticado dentro de limites fisiológicos, acarreta benefícios para todos os sistemas orgânicos, incluindo o sistema imunológico.



**Fonte:** <http://www.defesanet.com.br/>

Atualmente, o conhecimento permite considerar que as alterações no sistema imunológico dependem de parâmetros inerentes ao exercício, como o volume e a intensidade, que devem ser observados para a obtenção de melhores resultados. De um modo geral, o exercício de intensidade moderada direciona a resposta imune para a predominância de células Th1, o que promove proteção contra infecções por microrganismos intracelulares. O aumento das concentrações de citocinas anti-inflamatórias (Th2), decorrente de exercício de alta intensidade visa diminuir danos no tecido muscular resultantes da inflamação, no entanto, pode resultar em aumento da suscetibilidade a infecções. (Costa Rosa et al., 2002).

No esquema da figura 4 estão resumidos os principais efeitos do exercício físico de intensidade moderada e intensa no sistema imunológico. (Terra et al., 2012). Sistema cardiovascular, da função respiratória e do tônus muscular, diminui os níveis de estresse, favorecendo a estabilidade emocional, promove o controlo metabólico, otimização da massa corporal e melhoria da função imunológica. Uma menor incidência de infecções bacterianas e virais, e também menor incidência de neoplasias têm sido verificadas em indivíduos que habitualmente praticam exercício.

No entanto, o exercício de competição nem sempre representa equilíbrio para o organismo, já que alterações fisiológicas e desgastes nutricionais podem conduzir ao limiar da saúde e da doença. Através dos estudos realizados atualmente, podemos afirmar com certeza que as alterações no sistema imunológico dependem de parâmetros inerentes ao exercício, tais como, o volume e a intensidade, que devem ser observados para a obtenção de melhores resultados. Resumindo, podemos afirmar que o exercício de intensidade moderada direciona a resposta imune para a predominância de células Th1 promovendo assim, a proteção contra infecções por microrganismos intracelulares. Por sua

vez, o aumento das concentrações de citocinas anti-inflamatórias (Th2), decorrente de exercício de alta intensidade, visa diminuir danos no tecido muscular resultantes da inflamação, no entanto, pode resultar em aumento da suscetibilidade a infecções.

# 75



### 3. O Efeito do Exercício Físico Agudo e Crônico na Resposta Imunológica de Indivíduos Portadores do HIV



Fonte: Dra. Keilla Freitas<sup>3</sup>

**A**Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (AIDS) é considerada hoje uma epidemia mundial, teve seus primeiros casos relatados na literatura médica no início de 1981 nos Estados Unidos, porém a AIDS já vinha afetando algumas populações há pelo menos duas décadas, em países da Europa, África e também Estados Unidos (Veronesi e Focaccia, 2002 e Parker e Camargo Jr.,2000).

Segundo, o Boletim Epidemiológico – AIDS e DST (Doenças Sexu-

almente Transmissíveis) de janeiro a junho de 2005, do Programa nacional de DST e AIDS, da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde, foram registrados desde 1980 a 2004, 171.923 óbitos por AIDS no Brasil, chegando a uma taxa de mortalidade em 2004 de 6,1 por 100.000 habitantes. A infecção pelo vírus da AIDS, o HIV, afeta diretamente o sistema imunológico destruindo suas células de defesa, principalmente os linfócitos T - CD4. O exercício físico relacionado à

<sup>3</sup> Retirado em <https://www.drakeillafreitas.com.br/>

saúde aparece como um dos fatores que poderia modificar o risco dos indivíduos adoecerem. Existem evidências bastante significativas da influência do exercício físico na melhora da eficiência do sistema imunológico, fato que pode melhorar a resistência e elevar a qualidade de vida de indivíduos com AIDS (Pitanga, 2002 e Santos e Florindo, 2002).

O presente estudo de revisão tem por objetivo identificar o efeito do exercício físico agudo e crônico na resposta imunológica de indivíduos infectados pelo vírus da imunodeficiência humana, o HIV. Para isso, o trabalho aborda: uma visão geral do Sistema Imune, seus componentes e funções; maiores explicações sobre a AIDS; como o exercício físico agudo e crônico afeta a imunidade de pessoas saudáveis e, por fim, como o exercício físico agudo e crônico afeta o sistema imunológico de indivíduos portadores do HIV.

O Sistema Imune é extremamente complexo e um estresse físico pelo exercício pode influenciar a função imune de diversas formas. O corpo humano possui a capacidade de resistir a quase todos os tipos de microrganismos ou toxinas que tendem a lesar os tecidos e órgãos. Essa capacidade chama-se imunidade, que pode ser inata ou adaptativa. A imunidade inata ou resistência na-

tural é a primeira linha de defesa do organismo e opera na fase inicial de uma resposta imune. Seus componentes têm as seguintes características:

- São pré-formados;
- São padronizados;
- Não possuem memória e não são específicos.

Como segunda linha de defesa do organismo, temos a imunidade adaptativa que, se desenvolve durante a vida e possui a capacidade de reconhecer especificamente抗ígenos estranhos eliminando-os seletivamente. Seus componentes possuem memória e são específicos e apenas se desenvolvem após uma primeira exposição a um antígeno estranho. A imunidade adaptativa é extremamente importante como proteção contra organismos invasores, para os quais o corpo não possui imunidade inata (Guyton, 2002 e Freire, 2001). Portanto, o sistema imune (SI) tem como principal função prevenir e/ou combater a infecção produzida por microrganismos patogênicos através das imunidades inata e adaptativa (Mackinnon, 2004).

Para esse combate, o sistema imune utiliza barreiras químicas e físicas, dentre outros mecanismos, que irão justamente proteger o organismo e combater a infecção. A pele

e as membranas mucosas são exemplos de barreiras físicas, substâncias contidas em líquidos corporais como na saliva e nas lágrimas mantêm a integridade estrutural do organismo com a finalidade de prevenir a entrada da maioria dos patógenos, e são exemplos de barreiras químicas (Mackinnon, 2004).

O sistema imune é composto por órgãos e células. Os órgãos que compõem o sistema imune dividem-se em órgãos linfóides primários: timo e medula óssea, nos quais ocorrem o desenvolvimento e maturação das células da resposta imune e, órgãos linfóides secundários: linfonodos, baço, tecido linfóide, os quais organizam a resposta imune (Guyton, 2002).

As células do sistema imune são conhecidas como leucócitos, também chamadas de glóbulos brancos e são unidades móveis. São formados, em parte, na medula óssea (os granulócitos e os monócitos, bem como alguns linfócitos) e, em parte no tecido linfóide (linfócitos e plasmócitos). Após a sua formação são transportados, pelo sangue, para as diferentes partes do corpo onde precisam ser utilizados.

Normalmente estão presentes no sangue seis tipos de leucócitos: os neutrófilos polimorfonucleados, os eosinófilos polimorfonucleados, os basófilos polimorfonucleados, os

monócitos, os linfócitos e, por vezes, os plasmócitos. Além disso, existe um grande número de plaquetas, que são fragmentos de um outro tipo de célula semelhante aos leucócitos e encontrada na medula óssea, chamada de megacariócito. Os leucócitos polimorfonucleados também são chamados de granulócitos, em razão da sua aparência granular (Guyton, 2002). A maioria dos leucócitos é transportada, de forma específica, para as áreas de inflamação e de infecção grave, promovendo uma defesa rápida e poderosa contra qualquer agente invasor que possa estar presente. Os granulócitos e os monócitos protegem o indivíduo contra os microrganismos invasores, através do processo de fagocitose, que consiste na ingestão celular do agente agressor.

Os neutrófilos representam o granulócito mais prevalente. Os monócitos (no sangue) e os macrófagos (monócitos localizados nos tecidos) são células fagocíticas relativamente grandes, fundamentais para a resposta inicial a uma infecção. As atividades dos monócitos e macrófagos incluem a ingestão e a destruição de microrganismos, processo descrito anteriormente como fagocitose, a apresentação do antígeno e posteriormente, a estimulação das células T e a secreção de citocinas que tam-

bém estimulam a atividade de outras células imunes.

São, basicamente, os neutrófilos e os macrófagos que atacam e destroem as bactérias, os vírus e outros agentes invasores. Os neutrófilos são células maduras, capazes de atacar e destruir as bactérias até mesmo no sangue circulante. Já os macrófagos começam sua vida como monócitos sanguíneos, que são células imaturas enquanto estão no sangue e que, nesse estágio tem pouca capacidade de combater os agentes infecciosos. Porém, após penetrarem nos tecidos, começam a aumentar de tamanho podendo chegar até cinco vezes seu tamanho inicial, tornando-se macrófagos e potentialmente capazes de combater os agentes infecciosos nos tecidos.

Outro tipo de célula do sistema imune, classificada também no subgrupo dos leucócitos, são os linfócitos, que são divididos em linfócitos B e T ou células B e T respectivamente. Ambos os tipos de linfócitos originam-se no embrião, a partir das células-tronco-hematopoiéticas pluripotentes. Os linfócitos destinados a formar células T migram da medula óssea para o timo, onde são pré-processados. Após, diferentes tipos de linfócitos T deixam o timo e disseminam-se através da corrente sanguínea para todo o corpo, alojando-se nos tecidos linfoides. Em

resumo, os linfócitos T saem da medula óssea para o timo para amadurecerem e se tornarem imunocompetentes.

Os linfócitos T estão divididos em células auxiliares, que produzem substâncias (linfocinas) que ativam os linfócitos B e outras células; células supressoras, que inibem a atividade dos linfócitos B e T e ajudam no controle da resposta imune; células extermadoras, que matam o antígeno, e células de memória, que “lemboram-se” do antígeno em encontros futuros. As células T são responsáveis pela imunidade celular.

Os linfócitos B são pré-processados no fígado, durante a parte média da vida fetal e na medula óssea, durante a parte final da vida fetal e após o nascimento. Os linfócitos B mantêm-se na medula óssea e após tornarem-se imunocompetentes saem e circulam pelos tecidos linfoides através da corrente sanguínea e dos vasos linfáticos, alojando-se perto dos linfócitos T. As células B são diferentes das células T, pois sua reação imune é mediada por anticorpo, produzem células plasmáticas que secretam anticorpo. São responsáveis pela imunidade humoral. Por fim, compõem também o sistema imune, as células assassinas naturais ou natural killer (NK), que são outro tipo de linfócito e são capazes de reconhecer e matar

certos tumores e células infectadas por vírus. Acredita-se que essas células funcionam na defesa inicial do organismo contra o crescimento tumoral e a infecção viral.

O sistema imune também é composto por fatores solúveis, que são encontrados no sangue ou em outros líquidos corporais. Os fatores solúveis atuam como mediadores de várias funções imunes e podem atingir diretamente, matando ou neutralizando os patógenos, ou indiretamente, como mensageiros químicos entre os diferentes tipos de células imunes. Compõem os fatores solúveis: as citocinas, as imunoglobulinas, o anticorpo, as proteínas da fase aguda e o complemento. As citocinas são moléculas mensageiras polipeptídicas, que possibilitam a produção de citocinas se dá principalmente pelas células imunes. Os principais tipos de citocinas relacionadas a imunologia e exercício são as interleucinas (IL-), os interferons (IFN-) e o fator de necrose tumoral (TNF).

As imunoglobulinas (Ig) são uma classe de glicoproteínas produzidas por linfócitos B em repouso e maduros. O anticorpo é uma molécula de Ig que se fixa especificamente em um determinado antígeno; cada anticorpo se fixa especificamente em um único tipo de antígeno. Todos os anticorpos são molécu-

las de Ig, mas nem todas Ig possuem função de anticorpo. Existem cinco classes de Ig: IgA, IgD, IgG, IgE, IgM, cada uma delas com estruturas e funções diferentes. Já as proteínas da fase aguda são glicoproteínas liberadas pelo fígado em resposta a infecção ou inflamação. Concluindo, o sistema complemento representa um grupo complexo de diversas proteínas plasmáticas produzidas em resposta a infecção ou inflamação. TH = Linfócito T auxiliar (CD4); TC = linfócito citotóxico (CD8); NK = célula assassina natural (Mackinnon, 2004).

A resposta imune é iniciada quando um patógeno (corpo estranho) penetra nas barreiras químicas e físicas e acaba sendo engolhido pelas células fagocíticas, que degradam as proteínas estranhas, denominadas antígenos. A partir daí, parte destes antígenos é exposta sobre a superfície dos fagócitos, juntamente com proteínas especiais de auto reconhecimento. Após a apresentação dos antígenos estranhos, os linfócitos T são ativados e produzem fatores que estimulam os linfócitos B a produzirem anticorpo para a proteína estranha, outros linfócitos T podem destruir diretamente as células estranhas, as células NK, citadas anteriormente (Figura 1). Durante o encontro inicial com o patógeno, são produzidas células B e

T especiais de “memória”, as quais respondem rapidamente a uma infecção posterior produzida pelo mesmo patógeno (Mackinnon, 2004).

### Sistema Imune e Exercício Físico

O tema vem sendo estudado há bastante tempo, publicações sobre imunologia do exercício começaram a partir do século 19, conforme cita Boros, Koch e Nieman citado por Nieman e Pedersen (1999). Entretanto foi a partir de 1990 que as pesquisas tornaram-se mais frequentes. Conforme Pedersen e Hoffman-Goetz (2000), nos últimos 15 anos uma variedade de estudos tem demonstrado que o exercício físico induz consideráveis mudanças fisiológicas no sistema imune.

O exercício tem sido sugerido como um relevante modelo de estresse físico, assim como, outros estresses físicos da área clínica: cirurgia, trauma, queimadura, etc; os quais induzem ao organismo um padrão de respostas hormonais e imunológicas similares ao exercício (Pedersen e Hoffman-Goetz, 2000).

Segundo Eischner (1999), o exercício pode aumentar ou diminuir o processo imunitário, e o que parece mediar essa capacidade, é o nível do estresse, ou seja, o nível da

intensidade do exercício. Como, o exercício é um estresse para o organismo, ele gera um desvio do estado homeostático, levando a reorganização da resposta de diversos sistemas, inclusive o imune (Costa Rosa e Waisberg, 2002). Conforme, Nieman e Nehlsen-Cannarella citado por Costa Rosa e Waisberg (2002), Nieman e Pedersen (1999) e Pedersen e Hoffman-Goetz (2000), a resposta ao exercício é dividida em resposta aguda e adaptação crônica. Segundo os autores acima, entende-se por resposta aguda, as alterações temporárias da resposta imune causadas por uma sessão de exercício, e entende-se por adaptações crônicas, as modificações na resposta imune causadas por várias sessões de exercício, caracterizando um treinamento.

Mecanismos hormonais, metabólicos e mecânicos também modulam a resposta do sistema imune ao exercício, porém não serão abordados neste trabalho.

### *Efeitos do Exercício Físico Sobre as Células do Sistema Imune*

O sistema imune é bastante complexo e um estresse pelo exercício pode influenciar a função desse sistema em inúmeros pontos. E, ainda, as respostas podem variar entre

diferentes parâmetros imunes, entre o exercício agudo e crônico e entre os indivíduos treinados e não-treinados. O quadro abaixo apresenta o resumo das respostas ao exercício agudo e crônico de parâmetros imunes selecionados.

### ***Exercício Agudo e Crônico de Parâmetros Imunes Selecionados Resposta Aguda***

Parâmetro imune Pós – exercício 1 a 5 horas pós exercício Resposta crônica Tipos de Células Leucócitos Grande aumento mais que o dobro em repouso Grande aumento mais que o dobro dos valores em repouso não muda ou não pode reduzir neutrófilo grande aumento mais que o dobro dos valores em repouso grande aumento mais que o dobro dos valores em repouso não muda Linfócitos grande aumento mais que o dobro dos valores em repouso Aumento. Não muda célula NK Grande aumento mais que o dobro dos valores em repouso Aumento Não muda ou pode aumentar Função Celular atividade dos Neutrófilos aumento redução atividade citotóxica das células NK. Aumento não muda ou pode aumentar Proliferação de linfócitos redução não muda pós-exercício: imediatamente após o exercício, 1-5 horas depois do exercício = 1-5 horas pós exercício.

Resposta aguda = após exercício prolongado e intenso. Resposta crônica = valores em repouso em atletas, em comparação com não atletas ou com as normas clínicas (Adaptado de Mackinnon, 2004).

Como vimos, no quadro acima, o exercício agudo desencadeia fortes alterações no número e na distribuição relativa dos subgrupos de leucócitos circulantes. Também vimos que o exercício crônico parece não alterar significativamente o número de leucócitos circulantes, pois atletas em geral exibem contagens de células clinicamente normais em repouso (Mackinnon, 2004) Porém, há estudos que mostram, que os números totais de leucócitos e células NK podem diminuir durante períodos prolongados de treinamentos com exercícios muito intensos. Lehmann e colaboradores citado por Machinnon (2004), relatou em estudo que o número de leucócitos diminuiu e alcançou níveis baixos clinicamente após quatro semanas de treinamento intenso em corredores de longa distância, e complementando, Gleeson e colaboradores citado por Mackinnon (2004) verificou que o número de células NK declinou após sete semanas de treinamento de natação em nadadores de elite, apesar de não ocorrerem modificações nas contagens de outras células.

Apesar de algumas divergências, os estudos relatam que tanto o exercício agudo quanto o crônico exercem efeitos sob a função das células imunes. As funções dos neutrófilos, dos monócitos, a citotoxicidade das células NK e a proliferação dos linfócitos são todas afetadas pelo exercício intenso (Machinnon, 2004 e Pedersen e Hoffman-Goetz, 2002).

### ***Efeitos do Exercício Físico Sobre as Células do Sistema Imune***

O sistema imune é bastante complexo e um estresse pelo exercício pode influenciar a função desse sistema em inúmeros pontos. E, ainda, as respostas podem variar entre diferentes parâmetros imunes, entre o exercício agudo e crônico e entre os indivíduos treinados e não-treinados. O quadro apresenta o resumo das respostas ao exercício agudo e crônico de parâmetros imunes selecionados. O exercício agudo desencadeia fortes alterações no número e na distribuição relativa dos subgrupos de leucócitos circulantes. Também vimos que o exercício crônico parece não alterar significativamente o número de leucócitos circulantes, pois atletas em geral exibem contagens de células clinicamente normais em repouso (Ma-

ckinnon, 2004). Porém, há estudos que mostram, que os números totais de leucócitos e células NK podem diminuir durante períodos prolongados de treinamentos com exercícios muito intensos. Lehmann e colaboradores citado por Machinnon (2004), relatou em estudo que o número de leucócitos diminuiu e alcançou níveis baixos clinicamente após quatro semanas de treinamento intenso em corredores de longa distância, e complementando, Gleeson e colaboradores citado por Mackinnon (2004) verificou que o número de células NK declinou após sete semanas de treinamento de natação em nadadores de elite, apesar de não ocorrerem modificações nas contagens de outras células. Apesar de algumas divergências, os estudos relatam que tanto o exercício agudo quanto o crônico exercem efeitos sob a função das células imunes. As funções dos neutrófilos, dos monócitos, a citotoxicidade das células NK e a proliferação dos linfócitos são todas afetadas pelo exercício intenso (Machinnon, 2004 e Pedersen e Hoffman-Goetz, 2002). O exercício também provoca alterações nos fatores solúveis.

Várias citocinas (IL-1, IL-6, TNF, IFN) tem sua liberação aumentada, induzidas pelo exercício intenso e prolongado, de um modo geral são liberadas somente após um

exercício intenso e prolongado ou após um exercício que requer componente excêntrico, sugerindo que a liberação está relacionada com o dano tecidual (Machinnon, 2004 e Pedersen e Hoffman- Goetz, 2002).

As imunoglobulinas (Ig) séricas e das mucosas desempenham funções diferentes e são reguladas de maneira independente, o exercício parece afetá-las diferentemente. As concentrações séricas de Ig permanecem relativamente inalteradas após o exercício agudo e crônico, porém a IgA da mucosa, que é importante na defesa do hospedeiro contra os vírus que causam Infecções do Trato Respiratório Superior (ITRS), apresentou baixa concentração em atletas, e baixos de infecções do trato respiratório superior, já que estamos falando de sistema imune e exercício. Tomados juntos, todos os dados já mencionados, sugere-se que o sistema imune é suprimido e estressado, após o exercício intenso e prolongado. Assim, faz sentido (mas ainda permanece sem provas) que o risco de infecção respiratória pode aumentar quando os atletas de endurance fazem repetidos ciclos de esforço intenso, sendo expostos a novos patógenos e vivenciam outros estressores do sistema imune, incluindo falta de sono, estresse mental severo, má nutrição, ou perda de peso (Nieman e Pedersen, 1999).

Conforme revisa Eischner (1999), não está comprovado se os atletas e as pessoas ativas estão mais, ou menos, sujeitos a contraírem infecções do trato respiratório superior que aquelas sedentárias e não atletas. No entanto, revisões de 1994 mostram que os atletas de alto nível estão mais sujeitos a contraírem infecções do trato respiratório superior que a população de uma maneira geral, principalmente em épocas de competições.

Diversos estudos, revisados por Nieman e Pedersen (1999), a respeito dos efeitos do treinamento longo e intenso sobre a função imune de repouso, têm sugerido que o exercício prolongado de endurance cardiorrespiratória leva a mudanças transitórias, mas significativas na função imunológica. Durante o período de imunidade alterada (o qual pode durar entre 3 e 72 horas após um esforço intenso), viroses e bactérias podem ganhar espaço, aumentando o risco e infecção clínica. Porém, nenhum estudo demonstrou que atletas mostrando a mais extensa imunossupressão seguida de exercício intenso, são aqueles que adquirem uma infecção durante 1 e 2 semanas.

Foram realizados com o objetivo de investigar a resposta aguda frente a séries repetidas de exercício. Nos quais, observa-se uma diversi-

dade de resultados que podem refletir uma melhora ou uma diminuição da resposta imune, que depende diretamente da intensidade do exercício e da duração do descanso entre as sessões. Por fim, Nieman e Nehsen-Cannarella citados por Mackinnon (2004) sugerem que o risco de infecções do trato respiratório superior é reduzido pelo exercício moderado regular, porém aumentado pelo exercício intenso.

### ***Respostas Aguda Frente a Series Repetidas de Exercício***

Estudo tipos de series participantes resultado Hoffman-Goetz, 1990 1 hora por dia no ciclo ergómetro, a 65% do VO<sub>2max</sub>, durante 5 dias Voluntários saudáveis. O aumento do % de células NK para 5 repetidas séries de ciclismo em 5 dias (cada 1 separada pelo descanso de 24h) não foi diferente daqueles que ocorreram após a 1<sup>a</sup> série de 1h. Field Gougeon e Marliss, 1991 2 séries de exercício exaustivo no ciclo ergômetro. Cada uma com 12,9 e 13,2 minutos, respectivamente separados por 1 hora. Voluntários saudáveis Grande aumento de leucócitos, neutrófilos e linfócitos após a 1<sup>a</sup> série de exercício, aumento na concentração de leucócitos e neutrófilos para o mesmo nível em ambas as séries, mas as concentrações

após 1hora depois da 2<sup>a</sup> série de exercício foram maiores que 1 hora depois da 1<sup>a</sup> série. A concentração de linfócitos aumentou menos imediatamente após a 2<sup>a</sup> série. 1hora após a 2<sup>a</sup> série a concentração de linfócitos diminuiu para valores abaixo dos pré-valores.

Essa redução foi similar com a ocorrida depois da 1<sup>a</sup> série. Nielsen Pedersen, 1996 2 séries de exercício exaustivo no cicloergômetro. Cada uma com 12,9 e 13,2 minutos, respectivamente separados por 1 hora. Comparados com níveis de descanso, a primeira série de exercício aumentou a concentração de leucócitos; neutrófilos; linfócitos e atividade celular de NK. Durante a última série até mesmo alta níveis foram notados para leucócitos; neutrófilos, linfócitos e atividade celular NK. Durante a recuperação, todos os valores voltaram aos valores de descanso ou diminuíram mais ainda, e elevadas concentrações de leucócitos, neutrófilos, linfócitos, e atividade celular NK foi também notada no dia depois da última série.

Rohde Maclean Pedersen 1998 3 séries de exercícios em bicicleta durante 60,45, e 30 min em 75% do V<sub>2max</sub>, separados por 2 horas de descanso. Homens saudáveis a concentração de linfócitos diminuiu 2 horas depois de cada série de exercício. A concentração de neutrófilo

aumentou continuamente no final de cada série do exercício. Os artigos da tabela foram revisados por Pedersene Hoffman-Goetz, 2000.

Vários estudos sobre resposta imune ao exercício agudo foram realizados, porém muito menos é conhecido a respeito dos efeitos do exercício crônico na função imune. Esse fato justifica-se por causa das dificuldades de separar os efeitos da aptidão física do verdadeiro efeito do exercício físico na função imunológica, e devido ao longo tempo de duração que esses estudos necessitam para serem realizados. Assim, as mudanças induzidas pelo exercício físico intenso podem durar pelo menos 24 horas e até mesmo o exercício moderado induz mudanças significantes por diversas horas. Por não ser fácil persuadir os atletas para absterem-se de seu programa normal de treinamento físico, mesmo por somente um dia, pode ser difícil obter resultados da função imune no seu verdadeiro estado de descanso (Pedersen e Hoffman-Goetz, 2000). Comparando o quadro 3 com o quadro 1, observamos semelhança na resposta aguda, ambas apontam aumento de leucócitos, neutrófilos, linfócitos e atividades das células NK.

Em outros estudos, foi relatado que a função no neutrófilo ficou inalterada em atletas durante pe-

ríodos de treinamento de baixa intensidade, mas diminuiu durante períodos de alta intensidade de treinamento (Baj e colaboradores e Hack e colaboradores citados por Pedersen e Hoffman-Goetz, 2002). Em resumo, as alterações em resposta ao exercício crônico podem ser revistas no quadro 1.

Porém, Nieman e Pedersen (1999), numa revisão, mencionam três estudos que indicaram que caminhar ao ar fresco diariamente reduziu o número de dias sob as infecções do trato respiratório superior pela metade em um período de 12 a 15 semanas, quando comparado com a inatividade. Entretanto, em nenhum dos três estudos o treinamento com exercícios causou alguma mudança significativa na função imune de repouso. Reforçando, Simonson (2001) também em estudo de revisão, menciona que parece não ter nenhum efeito em longo prazo o treinamento de resistência aeróbica sobre função imune de repouso em populações jovens e velhas. Com base nos dados já relatados, podemos dizer que o sistema imune é influenciado agudamente e em menor extensão cronicamente pelo exercício. Os dados experimentais e Epidemiológicos sugerem que o exercício moderado melhora a imunidade e a proteção contra infecções do trato respiratório superior, en-

quanto o exercício realizado por atletas de endurance conduz a um estado de imunossupressão transitória e ao risco aumentado de infecção (Nieman e Pedersen, 1999).

### Resposta Imunológica ao Exercício Físico

O corpo humano tem a capacidade de resistir a quase todos os tipos de organismos ou toxinas que tendem a lesar os tecidos e órgãos. Essa capacidade é denominada imunidade (GUYTON, 1998). Dessa forma, o sistema imunológico tem como objetivo reconhecer os organismos invasores, impedir sua disseminação e finalmente eliminá-los do corpo (PARHAM, 2001).

Segundo Parham (2001), o sistema imunológico divide-se em dois componentes: o inato e o adaptativo. O componente inato caracteriza-se por responder aos estímulos de maneira não específica, onde ele utiliza um mecanismo de reconhecimento molecular geral para detectar a presença de bactérias e de vírus. Além disso, o sistema imune inato inclui ainda uma diversidade de barreiras físicas, químicas e também as defesas fixas que estão de pronto para interromper as infecções antes que elas possam se concretizar. Já o componente adaptativo, focaliza o patógeno em questão e leva uma

condição de proteção duradoura denominada imunidade adaptativa somente aquele patógeno, sendo assim, essa resposta do sistema imune é mais lenta e específica.

O sistema imunológico comprehende vários órgãos, incluindo a medula espinhal, o baço, o timo, e os gânglios linfáticos (HOCKENBURY & HOCKENBURY, 2003). Além disso, Abbas e Lichtman (2003) relatam que os linfócitos, produzidos na medula óssea, são as células mais importantes desse sistema. Da medula óssea eles migram para outros órgãos do sistema imune, como o timo e o baço, onde se desenvolvem completamente e são armazenados até serem utilizados (TIRARD, 1992; O'LEARY, 1990 apud HOCKENBURY e HOCKENBURY, 2003).

Segundo Peakman e Veiga (1999), as barreiras físicas englobam a pele, mucosas, e as secreções que lavam e limpam as mucosas e os cílios que atuam removendo resíduos e as substâncias estranhas. Segundo esse mesmo autor os componentes celulares desse sistema são o neutrófilo, o eosinófilo e o mastócito, bem como a células natural killer (NK).

Os leucócitos são células denominadas de glóbulos brancos, responsáveis pela defesa do organismo contra agentes patogênicos (ABBAS & LICHTMAN, 2003). Os leucócitos

têm suas origens distintas, e os granulócitos e monócitos, considerados de linhagem mielocítica, são formados e armazenados na medula óssea (PEAKMAN & VERGANI, 1999). Segundo os mesmos autores, os linfócitos são considerados de linhagem linfocítica, tendo sua formação na medula óssea e nos tecidos linfogênicos, local onde são armazenados.

### ***Exercício Físico e Respostas Imunológicas***

Segundo Leandro et al (2002), o exercício físico pode proporcionar diferentes respostas no sistema imunológico. O exercício de intensidade moderada, praticado regularmente, melhora a capacidade de resposta do sistema imunológico, enquanto o exercício com alta intensidade praticado sob condições estressantes provoca um estado transitório de imunossupressão (COSTA ROSA & VAISBERG, 2002).

Mackinnon (1992) apud Sharkey (1998) relata que os treinamentos moderados traz respostas imunológicas saudáveis. Além disso, Hockenbury e Hockenbury (2003) afirmam que o exercício físico de baixa intensidade ajuda a diminuir a ação estressante após o exercício, dessa forma não sobrecarrega o sistema imunológico do organismo hu-

mano. Sendo assim, Barra Filho et al (2002) afirmam que é importante a necessidade do controle das variáveis do treinamento desportivo para evitar o estresse excessivo. Kapasi et al (2003) buscaram verificar possíveis alterações do sistema imunológico em indivíduos idosos, sendo inserido um programa de treinamento resistido, associado ao treinamento aeróbio. O programa foi realizado com a frequência de cinco dias por semana, ao longo de oito meses, não sendo observadas após trinta e oito e duas semanas de intervenção, alguma alteração significativa, no sentido positivo ou negativo dos parâmetros imunes avaliados. Importante ser frisado não ter havido alterações na incidência de infecções do grupo treinado, quando comparado ao grupo controle. Sharkey (1998) relata que o sistema imunológico é consistido de linfócitos, células T, células eliminadoras naturais, anticorpos, imunoglobulinas e outros. De acordo com este autor, o sistema serve para proteger o corpo de ataques externos, contudo, quando exposto à estresse prolongado, o sistema tende a falhar, permitindo a proliferação de microrganismos invasores.

O super treinamento pode acarretar um enfraquecimento do sistema imunológico, aumentando as possibilidades de infecção do

organismo (POWERS & HOWLEY, 2000). Maughan e Gledson (2000), afirmam que quando as cargas de treinamento são elevadas, pode ocorrer uma diminuição da função global do sistema imunológico. A intensidade, duração, frequência excessiva de treinamento pode proporcionar um mau funcionamento do sistema imunológico, devido à sobrecarga imposta ao organismo, que pode ocasionar fadiga (SHARKEY, 1998). Portanto, o super treinamento prolongado provoca alterações que se manifestam como redução crônica do desempenho, acompanhada de um ou mais sintomas físicos, como elevação da frequência cardíaca de repouso, perda de peso, diminuição da libido, alterações no sono entre outros (FAHRNER & HACKNEY, 1998; FOSS & KETEYAN, 1998 apud FRANÇA et al 2006).

### ***Exercício Físico e Alterações nos Níveis de Leucócitos e Linfócitos***

Os leucócitos, denominados como glóbulos brancos, são responsáveis pela defesa do organismo contra agentes patogênicos, e os que estão presentes no sangue periférico são: neutrófilos, eosinófilos, basófilos, linfócitos e monócitos (Dacie & LEWIS, 1995). De acordo com

Abbas e Lichtman (2003), os linfócitos são as únicas células com receptores específicos para antígenos e, portanto são os principais mediadores da imunidade adaptativa. Estes por sua vez representam 20 a 30% dos leucócitos na circulação (DACIE & LEWIS, 1995).

A leucopenia e linfopenia estão relacionados com o aumento do cortisol que pode ser provocado pelo exercício intenso (BERK, 1990). Assim, Wilmore e Costill (2001) afirmam que supertreinamento parece estar associado à depressão da função imunológica. Entretanto, o exercício pode provocar a leucocitose, um aumento da quantidade de leucócitos, como efeito agudo (ÁVILA, 2006). A leucocitose pode ser uma resposta a infecções ou a substâncias estranhas, ou ser resultante de um câncer, de um traumatismo, do estresse ou de determinadas drogas (PARHAM, 2001). Santos, Candeias e Magalhães (s.d.) verificaram alterações imunológicas em um estudo de caso com um canoísta que participou de uma ultra maratona (UM) de 42 quilômetros em Kayak. Foram medidos o número de leucócitos e o número e porcentagens de linfócitos, monócitos, neutrófilos, eosinófilo e basófilos. As alterações mais significativas após a UM incidiram na redução das células CD4+CD45 RA+ (-14.8%), CD94+ (-40%), da

ratio CD4+/CD8+ (-15.7%) e no aumento das CD4+CD25+ (28%), CD8+ (19%), CD8+CD25+ (36%), CD25+ (29%). Com exceção das células totais CD25+, cujos valores se mantiveram elevados, e das células NK, em que se acentuou a depressão pós-esforço (-13.6%), ao 10º dia após esforço todos os valores de partida foram recuperados e por vezes ultrapassados. A evolução dos indicadores imunológicos, neste estudo, indicou uma boa capacidade adaptativa do sujeito a este tipo de esforços. As alterações provocadas pela UM parecem ter um caráter transitório e não se exprimiram por qualquer crise infecciosa das vias respiratórias superiores em todo o tempo do estudo.

Em um estudo de caso realizado por Rodrigues (2007), que abordava um paciente com HIV/AIDS, sexo masculino, 43 anos, solteiro, natural de Montes Claros- MG que foi encaminhado para um programa de treinamento resistido de 36 sessões, onde foram realizados exames laboratoriais das variáveis dependentes pré e pós-treino da 13º, 25º e 36º sessões e também 48 horas após a 36º sessão. Os níveis de cortisol aumentaram nas sessões coletadas: 1.8 mcg/dl (13º sessão), 4.3 mcg/dl (25º sessão) e 6.5 mcg/dl (36º sessão). Já o cortisol da última coleta quando comparada com a pri-

meira diminuiu 1.1 mcg/dl. Ocorreu também aumento dos níveis de leucócitos totais (LET) e linfócitos totais (LIT) nas sessões: 2.300 mm<sup>3</sup> LET e 2.169 mm<sup>3</sup> LIT (13º sessão), 400 mm<sup>3</sup> LET e 18 mm<sup>3</sup> LIT (25º sessão) e 700 mm<sup>3</sup> LET e 739 mm<sup>3</sup> LIT (36º sessão). Além disso, ocorreu aumento dessas variáveis na última coleta: 800 mm<sup>3</sup> LET e 426 mm<sup>3</sup> LIT. Portanto, o programa de treinamento resistido realizado pelo paciente produziu respostas positivas, já que ocorreu a leucocitose na resposta aguda como explicitado pela literatura. Apesar de o cortisol aumentar durante o exercício proposto, ao final do estudo a resposta crônica dessa variável diminuiu e não ocorreu o evento da leucopenia e da linfopenia, pois os níveis de leucócitos totais e os linfócitos totais aumentaram 48 horas após a 36º sessão.

Assim o treinamento proposto trouxe respostas saudáveis para o indivíduo. Foss e Keteyian (2000) relatam que o treinamento moderado aeróbio mostrou resultados de melhora significativa nas contagens das células CD-4. De acordo com Coutinho (2004), o treinamento moderado em natação melhorou o metabolismo de macrófagos de ratos envelhecidos. Nos macrófagos obtidos da cavidade peritoneal, ocorreu uma melhora da capacidade funcio-

nal, através do aumento das funções de aderência, quimiotaxia e produção de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e óxido nítrico (NO-), que foram acompanhados pelo aumento do metabolismo de glicose (aumento de consumo e da enzima hexoquinase), contribuindo para melhoria do sistema imunológico no envelhecimento.

O estudo de Oliveira, Rogatto e Luciano (2002) teve como objetivo verificar os efeitos de um treinamento físico de alta intensidade sobre a contagem total e diferencial de leucócitos em ratos diabéticos. Ratos machos jovens Wistar foram distribuídos em quatro grupos: controle sedentário (CS), controle treinado (CT), diabético sedentário (DS) e diabético treinado (DT).

O diabetes foi induzido por aloxana (35mg/kg de peso corporal). Durante seis semanas os animais dos grupos CT e DT realizaram um protocolo de treinamento físico, que consistiu na realização de quatro séries de 10 saltos (intercaladas por um minuto de intervalo) em piscina, com o nível da água correspondendo a 150% do comprimento corporal e sobrecarga equivalente a 50% da massa corporal dos animais. Ao final do período experimental, amostras de sangue foram coletadas para a contagem total e diferencial dos leucócitos. A glicemia foi aumentada entre os diabéticos e a

insulinêmica diminuída. Não foram observadas diferenças significativas na contagem diferencial dos linfócitos, neutrófilos, eosinófilos e contagem total de leucócitos entre os grupos estudados. Houve aumento dos monócitos entre os treinados ( $CS = 10,0 \pm 4,5$ ,  $CT = 25,4 \pm 7,9$ ,  $DS = 19,75 \pm 7,4$ ,  $DT = 25,8$  e pelo diabetes ( $CS = 125,0 \pm 37,7$ ,  $CT^* = 74,6 \pm 8,2$ ,  $DS^* = 47,5 \pm 12,2$ ,  $DT^* = 40,1 \pm 16,9\text{mg}/100\text{g}$ ).

Esses resultados permitem concluir que o treinamento físico de alta intensidade não alterou o estado geral do diabetes, mas aumentou os monócitos, o que pode representar um efeito positivo sobre a resposta imunológica desses animais.

De acordo com Potteiger et al (2001), Ramel, Wagner e Elmadfa (2003) e Natale et al (2003), o treinamento de força muscular tem menor influência sobre a imunossupressão dos leucócitos, quando comparados ao treinamento aeróbico. Wilmore e Costill (2001) relatam que o exercício excessivo supriu a função imunológica, aumentando a suscetibilidade do atleta que apresenta a infecção. A imunossupressão é caracterizada por níveis anormalmente baixo de linfócitos (WILMORE & COSTILL, 2001).

Além disso, Wilmore e Costill (2001) sugerem que a principal

ameaça à função imunológica de um indivíduo pode ocorrer durante o período de transição do estado de não-treinamento para o estado treinado; se o atleta está adaptado às demandas imunológicas é normal.

### ***Efeito do Exercício no Sistema Imune: Resposta, Adaptação e Sinalização Celular***

Durante o último século, a população dos países desenvolvidos e em desenvolvimento tornou-se menos ativa fisicamente, seja pela mudança no tipo de trabalho, seja por adoção de novos hábitos cada vez mais sedentários. Esta mudança tem levado a um pronunciado aumento na incidência de doenças crônicas, tais como doenças cardiovasculares e diabetes do tipo 2, assim como tem promovido um aumento na obesidade, em desordens musculoesqueléticas, em doenças pulmonares, em certos tipos de câncer e em desordens neurológicas. Independentemente do estado de higidez, o sedentarismo também vem afetando a qualidade e a expectativa de vida dessas populações.

As respostas promovidas pelo exercício, tanto agudamente quanto em sua cronicidade, afetam diversos componentes do sistema imune. O exercício de intensidade moderada

pode estimular parâmetros relacionados à imunidade celular e assim diminuir o risco de infecção, enquanto o exercício de alta intensidade pode promover um decréscimo destes mesmos parâmetros, aumentando assim o risco de doenças infecciosas.

Segundo o Colégio Americano de Medicina Esportiva (ACSM) atividades aeróbias variando entre 40 e 59% do  $O_2\text{máx}$ , 55 e 69% da frequência cardíaca máxima e 12-13 na escala de percepção subjetiva de esforço de Borg são consideradas de intensidade moderada, enquanto que atividades aeróbias variando entre 60 e 84% do  $O_2\text{máx}$ , 70 e 89% da frequência cardíaca máxima e 14-16 na escala de percepção subjetiva de esforço de Borg são consideradas de alta intensidade. A Sociedade Internacional de Exercício e Imunologia (ISEI), em seu posicionamento oficial, preconiza que a disfunção imune observada após o exercício é mais pronunciada quando o exercício é contínuo, prolongado ( $> 1,5\text{h}$ ) e realizado em intensidade variando de moderada a alta (55 e 75% do  $O_2\text{máx}$ ). Apesar dessas recomendações, nem todos os artigos utilizados nesta revisão utilizam estes parâmetros para o controle do exercício  $O_2$ , FC, percepção subjetiva de esforço) e os indivíduos avalia-

dos apresentam uma grande diversidade (atletas, não atletas), além de muitos estudos serem realizados com animais experimentais. Esses estudos foram classificados em relação à intensidade do exercício (moderado e intenso) segundo sua descrição no artigo original. O presente estudo tem como objetivo revisar de forma sistemática os efeitos do exercício em células do sistema imunológico, bem como nas possíveis vias de transdução de sinais que direcionam a resposta imune.

### ***Considerações Básicas na Resposta Imune***

A resposta imunológica pode ser compreendida em duas etapas: resposta inata e resposta adaptativa. A resposta inata inclui barreiras físicas (ex.: pele), químicas (ex.: lágrima, sistema complemento) e a participação de células como macrófagos, neutrófilos, células dendríticas, células natural killers (NK) e moléculas microbicidas como o óxido nítrico (NO) e ânion superóxido ( $O_2^-$ ). A resposta imune adaptativa envolve principalmente linfócitos T (TCD4+ e TCD8+) e B e seus produtos, citocinas e anticorpos, respectivamente. Pode ser dividida em resposta imune humoral (mediada por anticorpos) e resposta imune celular (mediada por células, tais

como linfócitos T e macrófagos). Os linfócitos TCD4+ (auxiliares/helper -Tho) podem se diferenciar em diversas subpopulações dentre as quais destacam-se as células Th1 (T helper tipo 1) e as células Th2 (T helper tipo 2), que produzem padrões diferentes de citocinas. A diferenciação de linfócitos TCD4+ em Th1 pode ser estimulada pela interleucina 12 (IL-12), produzida por células apresentadoras de antígenos (macrófagos e células dendríticas), enquanto que a diferenciação em Th2 é induzida por ação autócrina da IL-4, produzida por TCD4+. As células Th1 produzem predominantemente interferongama (IFN- $\gamma$ ) e estão relacionadas à resposta imune celular e ao controle de infecções causadas por microrganismos intracelulares. As células Th2 produzem principalmente IL-4 e são correlacionadas com a resposta imune humoral e controle das infecções extracelulares. Vários fatores, tais como citocinas predominantes no microambiente de ativação, moléculas co-estimulatórias, o tipo de antígeno e eventos precoces que ocorrem durante a resposta imune inata envolvendo as células dendríticas e as células NK podem direcionar o tipo de resposta predominante, determinando assim o controle ou não de uma infecção.

## Citocinas

As citocinas são glicoproteínas, que, em geral, apresentam baixo peso molecular (entre 5.000 e 30.000) e desempenham um papel central na mediação e regulação das respostas imunológicas. Elas atuam como mensageiras entre as células do sistema imune, hematopoiético e neuroendócrino.

As citocinas têm sido classificadas como pró ou anti-inflamatórias, de acordo com as funções desempenhadas. As principais citocinas anti-inflamatórias são IL-10 e TGF beta (fator de transformação de crescimento  $\beta$ ) as quais podem, entre outras funções, inibir a produção de citocinas pró-inflamatórias. Dentro as citocinas pró inflamatórias podemos citar IL-1, IL-2, IL-12, IL-18, IFN- $\gamma$  e TNF- $\alpha$ . Alguns antagonistas competitivos são ditos anti-inflamatórios, tais como o antagonista do receptor de IL-1 (IL-1ra) que impede a ligação de IL-1 ao seu receptor. Já a IL-12, que é reconhecidamente uma citocina pró-inflamatória, apresenta uma subunidade chamada p40, que, quando livre, pode inibir a ação da IL-12, apresentando indiretamente uma propriedade anti-inflamatória. A quimiocina, proteína quimiotática de monócitos (MCP-1), também pode agir

indiretamente como anti-inflamatória por inibir a produção de IL-12.

A produção de citocinas anti-inflamatórias é regulada por uma variedade de fatores. Catecolaminas e glicocorticoides estimulam a produção de IL-4, IL-10 e IL-13 in vitro, assim como prostaglandina E2 (PGE 2) também aumenta a produção de IL-10, IL-12p40 e IL-13. Já in vivo, catecolaminas promovem um aumento da síntese de IL-10 e IL-1ra. A IL-6, também conhecida como “citocina gp130”, é uma citocina que participa do processo inflamatório, sendo considerada uma interleucina responsiva à inflamação<sup>26</sup>. Entretanto, apresenta ação anti-inflamatória indireta por estimular a síntese de IL-1ra e de IL-10. Esta citocina tem sido denominada miocina, visto que a contração de músculos esqueléticos durante exercícios prolongados libera grandes

### ***Principais Citocinas Envoltas no Processo Inflamatório***

Citocina/ quimiocia receptor principais efeitos principais células produtoras referências IL-1- $\alpha$  e  $\beta$  IL-1RI e IL-1RII pró-inflamatória, ativa a liberação de TNF-alfa e IL-6, move a fase aguda da inflamação Monócito, macrófago, neutrófilo 95,100 IL-1ra IL-1 RI Anti-inflama-

tório, competidor antagonista da IL-1 Monócito, macrófago, neutrófilo 25,100 IL-2 IL-2Ra,β,γ pró-inflamatória, proliferação de linfócitos T e B, induz produção de IFN-γ Th0, Th1 100 IL-12 IL-12R pró-inflamatória, aumenta produção de IFN-γ e induz diferenciação Th0-Th1 Macrófago, célula dendrítica e NK 100 IL-18 (superfamília IL-1) IL18Ra,β pró inflamatória, induz Th1 Macrófago, célula dendrítica 100 IL-17 IL-17R pró- inflamatória, induz IL-6 e IL-8 Th17 100 IFN-γ IFN-γR Th1, NK e células musculares 46,100 TNF-α membros da superfamília TNF-R pró-inflamatória, induz proteínas de choque, IL-1, apoptose monócito, macrófago 95,96,100 IL-4 IL-4R anti-inflamatória, inibe produção de IL-1 α/β, TNF- α e IL-6; induz diferenciação de Th0-Th2, proliferação e diferenciação de linfócitos B, Th2, mastócito e basófilo 100 IL-10 IL-10RAnti-inflamatória, inibe IL-1, IL-6 e TNF- α Treg, Th2 e macrófago 25,100 IL-13 IL-13R Anti-inflamatória, inibe produção de IL-1, IL-6, TNF-α Th2 100 TGF-β TGFβRI, TGF-βRII complexo anti-inflamatória, inibe IFN-γ Treg, macrófago 99,100 IL-6 IL-6R pró/anti-inflamatória, ativa explosão respiratória em neutrófilos, produção de proteínas de fase aguda; inibe IL-1 e TNFα; captação de glicose no músculo esquelético;

lipólise no tecido muscular e adiposo; gliconeogênese hepática monócito, macrófago e célula muscular 28,29,30,37,100 IL-8 (CXCL8) IL-8R (CXCR1) Pró-inflamatória, fator quimiotático para neutrófilo e basófilo; induz desgranulação e explosão respiratória em neutrófilo; angiogênese Monócito, macrófago, neutrófilo e célula muscular 28,37, 100 IL-15 IL-15Ra e IL-2Rβ,γ pró-inflamatório, quimiotático para linfócito T e NK, induz IFN-γ e TNF-α; hipertrofia muscular Mo Monócito, fibroblasto e célula muscular 37,100

### Efeito do Exercício Físico em Células do Sistema Imune

#### Neutrófilos

Neutrófilos são fagócitos que desempenham um importante papel na resposta imune inata, sendo geralmente a primeira célula recrutada para o sítio da infecção. Portanto, estão envolvidos em diversos processos inflamatórios, inclusive o do tecido muscular promovido pelo exercício. A sequência de eventos que ocorre na resposta neutrofílica inclui aderência, quimiotaxia, fagocitose, burst oxidativo, desgranulação e eliminação do microrganismo.

Diversos elementos estão envolvidos no comportamento dos neutrófilos e na resposta imune ao exercício, influenciando mediadores neuroendócrinos, liberação de esteroides, produção de citocinas e processos de oxirredução associados com a produção de radicais livres. A ativação da fibra muscular aumenta a liberação de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), levando à síntese de citocinas pró-inflamatórias, como o fator de necrose tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ) e IL-1 $\beta$ , que regulam a expressão de seletinas pelas células endoteliais, atrairindo neutrófilos para a região. As cito-cinas IL-6 e IL-8, secretadas após o dano tecidual, estimulam a via de sinalização que ativa a NADPH-oxidase culminando com a liberação de espécies reativas de oxigênio.

Wolach et al. examinaram o efeito do exercício anaeróbico (teste de Wingate) e aeróbico, realizado a 70-80% do FCmáx, na função neutrofílica em mulheres judocas e sedentárias. Houve um decréscimo significativo na quimiotaxia de neutrófilos 24h após exercício aeróbico, em ambos os grupos, mas não houve diferença na atividade bactericida ou na liberação de superóxido. Os autores também não observaram mudanças significativas na função neutrofílica após exercício anaeróbico, em ambos os grupos. O decréscimo na rede quimiotática, somente

em exercício aeróbico, sugeriu que esta é alterada devido à interdependência existente entre volume e intensidade e não somente pela intensidade em si.

Embora o efeito na redução da ação quimiotática de neutrófilos seja transitório e revertido em 48h após exercício, é possível gerar uma “janela de oportunidade” na qual o risco de infecção aumentado deve ser considerado. O exercício físico intenso promove desgranulação de neutrófilos aumentando a concentração de enzimas como a mieloperoxidase (MPO), que funciona como marcador de migração de neutrófilos para o músculo e da desgranulação destes no soro. A infiltração de neutrófilos, em ratos submetidos a cinco semanas de atividade nátoria, foi mais pronunciada em fibras oxidativas (vermelhas) do que em fibras glicolíticas (brancas). Não foi observada diferença significativa na concentração de marcadores proteicos de ação neutrofílica (MPO), em repouso, entre animais treinados e não treinados. Porém, uma única sessão de exercício exaustivo produziu um aumento significativo de MPO em animais não treinados comparado com o grupo treinado, sugerindo um possível efeito protetor do treinamento no tecido muscular.

## Células Apresentadoras de Antígeno

Linfócitos T reconhecem抗ígenos apenas quando células apresentadoras (células dendríticas, macrófagos e linfócitos B) expõem抗ígenos em sua superfície associados a moléculas do complexo principal de histocompatibilidade (MHC – major histocompatibility complex). Exercícios aeróbios prolongados e extenuantes diminuem a expressão de receptores do tipo Toll (Toll-like receptor – TLRs) em macrófagos e comprometem a apresentação de抗ígenos para os linfócitos T, impedindo, sobretudo, a resposta inflamatória Th1. Esse efeito anti-inflamatório impede o dano tecidual causado pelos mediadores inflamatórios e reduz o risco de doenças inflamatórias crônicas, mas aumenta a susceptibilidade de infecções por micro-organismos intracelulares macrófagos de camundongos submetidos a treinamento aeróbio de intensidade moderada realizado em esteira rolante aumentaram sua capacidade microbicida e a produção de IFN- $\gamma$ , TNF- $\alpha$  e NO, sendo capazes de diminuir a infecção por Listeria monocytogenes. Observou-se também uma redução na produção de IL-10. Ainda nestas células, o treinamento promoveu uma diminuição de receptores  $\beta 2$ -adrenér-

gicos ( $\beta 2$ AR), assim como já foi visto em linfócitos após treinamento de resistência. O  $\beta 2$ AR é um membro da família de receptores acoplados à proteína G e funciona como chave de ligação para regulação do sistema imune via sistema nervoso simpático e está envolvido com a inibição da enzima NO sintase induzida (iNOS). A diminuição desses receptores é um dos fatores que contribuem para o aumento da atividade microbicida de macrófagos promovida pelo treinamento moderado.

Células dendríticas têm a capacidade de internalizar抗ígenos e expressar um grande número de moléculas co-estimulatórias sendo uma importante célula apresentadora de抗ígenos para as células T, estimulando a sua expansão clonal. Chiang et al. observaram em roedores que, após cinco semanas de treinamento na esteira com incrementos na velocidade e inclinação ao longo das semanas, houve um aumento no número de células dendríticas, em sua expressão de MHC de classe II e produção de IL-12, sugerindo a capacidade de indução de resposta imune celular.

## Células NK

As células NK são linfócitos com citotoxicidade natural para cé-

lulas infectadas por vírus e células tumorais, dispensando sensibilização primária e independente de apresentação via MHC. Essas células apresentam como marcadores de superfície o receptor III para região constante (Fc) de IgG, o Fcg (CD16) e uma molécula de adesão de células neuronais (CD56), responsável por adesão homotípica<sup>52</sup>. Baseado na expressão de CD56, essas células podem ser divididas em duas subpopulações: CD56, as quais apresentam altos níveis de CD16, são mais citotóxicas e correspondem a 90% das células NK presentes na circulação periférica; e CD56, cujos níveis de CD16 são menores ou inexistentes e correspondem a cerca de 10% do total de células NK circulantes. O fenótipo CD56bright apresenta a capacidade de produzir uma variedade de citocinas (principalmente IFN- $\gamma$  e TNF- $\alpha$ ) que estão envolvidas na interface entre a resposta imune inata e adaptativa, principalmente pela produção de IFN- $\gamma$  que induz a polarização de TCD4+ em Th1. Uma vez ativadas, as células CD56bright tornam-se tão citotóxicas quanto as da subpopulação CD56dim, sugerindo que as células CD56bright sejam as precursoras imediatas das CD56dim. O repertório de moléculas de adesão e de receptores de quimiocinas expressos

por essas subpopulações é peculiar, o que ocasiona diferentes sítios de migração. CD56dim migra preferencialmente para os sítios de inflamação aguda, enquanto CD56bright para os órgãos linfoides secundários.

As células NK apresentam notável sensibilidade ao estresse promovido pelo exercício físico, o qual promove sua redistribuição do sangue periférico para os outros tecidos, sugerindo que a NK pode ser um potencial elo entre a atividade física regular e o estado de saúde geral. A mobilização da circulação periférica pode ocorrer via mecanismos que incluem estresse por aumento substancial do fluxo sanguíneo periférico e expressão diminuída de moléculas de adesão induzida por catecolamina, cuja produção é estimulada pelo exercício físico. Entretanto, durante exercício muito prolongado (maior que 3h) a concentração de células NK circulantes pode retornar ao nível pré-exercício, ou mesmo tornar-se ainda menor do que este. Uma hipótese para essa diminuição seria a migração dessas células para sítios de injúria muscular. Alguns estudos demonstram que os dois subgrupos, CD-56bright e CD56dim, aumentam durante o exercício; entretanto,

existe uma mobilização diferencial entre eles.

A razão CD56bright:CD56dim varia entre o período de repouso, durante o exercício e no período de recuperação, sendo menor nos dois primeiros momentos e aumentando no terceiro. Isso demonstra que este balanço durante a recuperação do estresse fisiológico favorece o subgrupo CD56bright. É neste período que ocorre a recuperação da homeostase e adaptação tecidual, sugerindo que este subgrupo pode ter um importante papel neste processo.

Embora as células NK CD56 bright sejam principalmente encontradas em órgãos linfoides secundários, estas células também são encontradas em sítios inflamatórios, o que pode ser explicado por possuírem uma grande capacidade de produção de citocinas e por apresentarem expressão de moléculas de adesão, que podem direcioná-las ao tecido que sofreu injúria. Além da produção de citocinas a CD56bright libera vários fatores de crescimento angiogênicos na circulação uterina, sugerindo que, somado a outros fatores, estes podem contribuir para a angiogênese, que é uma adaptação fisiológica ao exercício regular. Apesar desses achados, é necessária uma melhor investigação do papel das células NK associado ao exercício.

### ***Subpopulações de Linfócitos***

A concentração de todas as subpopulações linfócitos aumenta no compartimento vascular durante o exercício e diminui, a níveis menores que aqueles apresentados no período pré-exercício, após trabalho físico de longa duração. Durante o exercício, a razão CD4+:CD8+ diminui, refletindo um maior aumento nas células TCD8+ em relação a TCD4+. Embora a concentração de todas as subpopulações de linfócitos aumente, a percentagem de células TCD4+ declina pelo fato de as células NK aumentarem mais do que qualquer outra subpopulação.

O decréscimo na concentração de linfócitos no período pós-exercício pode ser consequência, pelo menos em parte, de um mecanismo de apoptose. Um percentual maior de apoptose de linfócitos em humanos tem sido descrito imediatamente após a realização de exercícios de alta intensidade.

O índice de apoptose de linfócitos quando o exercício é realizado a 38% O<sub>2</sub>máx ( $6,9 \pm 0,5\%$ ) é semelhante aos níveis basais ( $6,2 \pm 0,2\%$ ) e aumenta significativamente quando a intensidade do exercício alcança 61% O<sub>2</sub>máx ( $10,4 \pm 0,6\%$ ). Um aumento significativo nos índices de apoptose induzida pelo exercício é observado com o incre-

mento gradual da carga, alcançando o pico máximo imediatamente após exercício exaustivo (100% O<sub>2</sub>máx), atingindo um percentual de apoptose de  $22,4 \pm 0,4\%$ . Após 20 minutos de recuperação, o índice apoptótico é significativamente menor, caindo ainda mais após 40 min, e chegando aos níveis basais após 60 min pós-exercício.

O exercício intenso também é capaz de diminuir a concentração de glutationa (GSH) de linfócitos, induzindo o estresse oxidativo, enquanto o conteúdo de caspases 8, 9 e 3 ativas e a fragmentação de DNA parecem ser aumentados.

Alguns autores tendem a associar o exercício intenso à apoptose devido à ação dos altos níveis de catecolaminas produzidos, enquanto outros associam ao aumento do estresse oxidativo. Kruger et al. Mostraram que a redistribuição de leucócitos, mecanismo fundamental de regulação da hematopoiese, está ativa durante a alteração na concentração de linfócitos promovida pelo exercício.

O aumento de catecolaminas promovido pelo exercício pode estar associado a essa redistribuição, uma vez que os linfócitos apresentam receptores α e β adrenérgicos, sugerindo assim uma regulação neuronal hormonal.

### **Linfócitos T Helper (Th)**

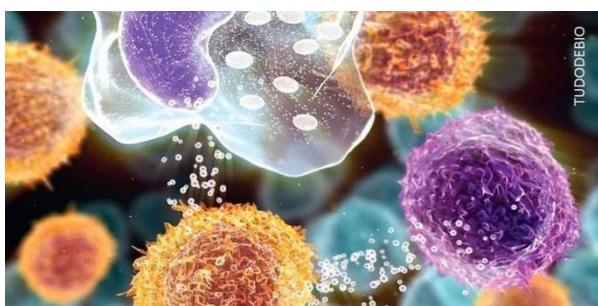
Os linfócitos TCD4+ virgens expressam a molécula co-estimulatória CD28 em sua superfície que interage com seu ligante, a molécula B7, na superfície da célula apresentadora de antígeno. A ligação CD28-B7 dispara a sinalização para a síntese de IL-2 e a expressão de seu receptor (IL-2R) pela célula T, ocasionando assim a sua proliferação e diferenciação. Com o avanço da idade dos indivíduos o número absoluto de linfócitos T diminui, assim como a expressão de moléculas CD28 e a produção de citocinas do padrão Th1 (IL-2 e IFN-γ), enquanto há um aumento da produção de citocinas do tipo Th2 (IL-4). Esta alteração no balanço Th1/Th2 pode contribuir para a vulnerabilidade maior dos idosos a certas infecções.

Um estudo feito com 28 idosos mostrou que após seis meses de treinamento com exercício de intensidade moderada o número absoluto de linfócitos TCD4+ (CD28+CD4+) aumentou, assim como o das células produtoras de IFN-γ (Th1), enquanto as células T produtoras de IL-4 (Th2) não sofreram alterações significativas<sup>81</sup>. Outros estudos corroboraram estes dados demonstrando que o número absoluto de linfócitos T e de células TCD4+ e a expressão de

IL-2R em células T aumentou em idosos submetidos a exercícios de intensidade moderada combinados (resistência e força) ou programa de treinamento de resistência. Assim sendo, esta expressão aumentada favoreceria uma resposta do tipo Th1, prevenindo infecções principalmente aquelas causadas por microrganismos intracelulares.

### ***Efeito do Exercício Físico na Produção de Citocinas***

A produção de citocinas pode ser modulada por uma série de estímulos, dentre os quais podemos citar estresse hormonal, estresse oxidativo e exercício extenuante.



**Fonte:** <https://profes.com.br/>

O primeiro estudo sugerindo que o exercício físico induzia um aumento das concentrações plasmáticas de citocinas foi publicado em 1983 e mostrou que o plasma obtido de seres humanos após a prática de exercício, quando injetado intra-peritonealmente em ratos, promovia

o aumento da temperatura retal destes animais.

Vários autores têm relatado um aumento nas concentrações séricas de citocinas anti-inflamatórias após diferentes formas de exercício. O aumento de IL-6 foi associado ao exercício extenuante em um maratonista, assim como em resposta a outros tipos de exercícios, nos quais foi observado um aumento de cerca de 100 vezes em sua concentração plasmática. O aumento de IL-6 está intimamente ligado à intensidade do exercício, a qual representa indiretamente a massa muscular envolvida na atividade contrátil<sup>28</sup>. Exercícios que envolvam uma massa muscular limitada, como, por exemplo, músculos das extremidades superiores, podem ser insuficientes para aumentar as concentrações plasmáticas de IL-6 acima dos níveis pré-exercício. Por outro lado, a corrida, que envolve uma grande quantidade de grupos musculares, é a modalidade de exercício em que observou-se o mais pronunciado aumento de IL-6. O pico dos níveis séricos desta citocina é alcançado no final da realização do exercício ou em um curto período após este, seguido por um rápido decréscimo voltando para os níveis do período pré-exercício. Deste modo, a combinação entre a modalidade, a intensidade e a dura-

ção da atividade física determinam a magnitude do aumento da concentração plasmática de IL-6 induzido pelo exercício.

Além de seu efeito imunomodulador, esta miocina também apresenta importantes efeitos metabólicos, tais como o aumento da captação de glicose e da oxidação de ácidos graxos pelo músculo esquelético, aumento da gliconeogênese hepática e lipólise no tecido adiposo. Na mesma linha, a miocina IL-8 parece exercer efeitos angiogênicos e a IL-15, também produzida pela contração muscular, parece ter efeitos anabólicos e na redução da adiposidade. Apesar de alguns estudos não mostrarem aumentos significativos na IL-15 plasmática após o exercício, Tamura et al. observaram este aumento em indivíduos submetidos a 30 minutos de exercício na esteira com intensidade de 70% da FCmáx predita pela idade ( $FCmáx = 220 - \text{idade}$ ). Os autores atribuem a falta de consenso na literatura aos diferentes desenhos experimentais e principalmente aos momentos da medida da IL-15 após o exercício.

O aumento nas concentrações de IL-1ra, IL-4, IL-10, IL-12p40 e MCP-1 foi observado após a realização de exercício máximo, exercício de resistência, corridas do tipo downhill, ciclismo intenso, corridas

e ciclismo de resistência. Em um estudo realizado envolvendo indivíduos do sexo masculino, corredores e triatletas, foi observado um aumento de 60% na concentração plasmática de IL-1ra imediatamente após a realização de exercício de intensidade moderada (EIM) (1h de corrida na esteira, 60% O<sub>2</sub>máx), enquanto que a corrida downhill (CD) (45min [-10% de gradiente], 60% O<sub>2</sub>máx) promoveu um aumento de 100% nesta concentração e a atividade física de alta intensidade (EAI) (1h de corrida na esteira, 85% O<sub>2</sub>máx) promoveu um aumento de 120%. Estes valores foram ainda maiores após uma hora do final da atividade física, sendo 1,3 vezes maiores que a concentração plasmática pré-exercício, no caso de EIM, 2,4 vezes maiores, na CD e cinco vezes maiores no EAI. A concentração de IL-10 aumentou apenas imediatamente após o EAI (6,3 vezes) e uma hora após esta atividade (sete vezes), permanecendo inalterada nos dois outros tipos de treinamento, EIM e CD.

Os níveis plasmáticos de IL-12p40 foram 30% maiores imediatamente após a realização do EAI, enquanto 1h após a realização dos três tipos de exercício, aumentaram apenas 10%, no caso de EIM, 15%, na CD e 25% no EAI. O aumento da

produção de citocinas anti-inflamatórias durante o exercício possivelmente se dá para restringir reações pró-inflamatórias em resposta ao dano na musculatura esquelética causadas pelo exercício, podendo ainda inibir a produção de citocinas pró-inflamatórias associadas ao desenvolvimento de estados patológicos, tais como diabetes do tipo 2, doenças cardiovasculares e síndrome metabólica.

Por outro lado, a produção de citocinas anti-inflamatórias durante o exercício pode resultar no aumento da susceptibilidade à infecções. Entretanto, vários trabalhos têm mostrado que a prática de exercícios de intensidade moderada induz uma resposta do tipo Th1, com produção de citocinas pró-inflamatórias. Exercícios de resistência de intensidade moderada induzem uma resposta inflamatória sistêmica leve, que é caracterizada, pelo menos em parte, pela elevação dos níveis séricos de citocinas inflamatórias, tais como IL1 $\beta$  e TNF- $\alpha$ . Keller et al. mostraram que a superexpressão de TNF- $\alpha$  retornou às concentrações normais após 1h de exercício nátorio agudo em camundongos cujo gene do receptor de TNF- $\alpha$  (TNFR) foi deletado. Além disso, exercício crônico parece suprimir citocinas

pró-inflamatórias, tais como TNF- $\alpha$  e IL-6, e aumentar citocinas anti-inflamatórias incluindo IL-4, IL-10 e TGF- $\beta$



GRUPO EDUCACIONAL  
**IBRA**

## 4. Efeito do Exercício Físico nas Vias de Sinalização Envolvidas na Resposta Imune



Fonte: Huffpost Brasil<sup>4</sup>

As interações moleculares que ocorrem na superfície das células, tipo interação ligante-receptor, dispara uma cascata de sinalizações bioquímicas citoplasmáticas envolvendo diversas vias de transdução de sinais. Essas sinalizações podem resultar na produção de proteínas, citocinas, expressão de receptores e proliferação. Durante a ligação antígeno/receptor em linfócitos, a agregação do receptor de antígeno leva à ativação de proteínas tirosinas cinases associadas aos receptores na porção citoplasmática da membrana

celular. Isso inicia a sinalização intracelular pela fosforilação de resíduos de tirosina nas caudas dos receptores agregados. Outras tirosinas cinases do citosol podem ser ativadas e passam a fosforilar novos alvos, até que fatores de transcrição sejam ativados e atuem no núcleo, induzindo a transcrição de determinados genes.

A sinalização de IL-6 se assemelha à de leptina devido ao receptor de leptina (LRb) e a gp130R $\beta$  compartilharem um alto grau de homologia em suas sequências e am-

<sup>4</sup> Retirado em <https://www.huffpostbrasil.com/>

bos ativarem a via de sinalização do complexo formado pela proteína cinase ativada por Janus (JAK)-transdutor de sinal e ativador de transcrição (STAT). Quando a IL-6 se liga ao receptor homodimerizado IL-6Ra/gp130R $\beta$ , resulta em uma cascata de sinalização que é iniciada por auto fosforilação e ativação de JAK, seguido de recrutamento de domínio SH2, que contém a proteína tirosina fosfatase SHP2, que leva a ativação da cascata de sinalização Ras-ERK1/2. A IL-6 pode exercer funções no sistema imunológico, estimulando a síntese de IL-1ra e de IL-10, assim como pode interferir em vários processos metabólicos via sinalização por AMPK e PI3KAKT. A proteína mTOR (proteína alvo de rapamicina em mamíferos – droga imunossupressora) é uma serina/treonina cinase envolvida em vários processos celulares, os quais incluem metabolismo, crescimento (hipertrofia e hiperplasia), sobrevivência, envelhecimento, plasticidade sináptica e memória. A via de sinalização desta enzima pode ser ativada por:

- Prática de exercício físico;
- Baixos níveis de energia na célula, via AMPK (proteína cinase ativada por AMP);
- Fatores de crescimento como insulina e IGF-1;
- Aminoácidos, via Rag GTPases;

- Sinais da família Wnt via glicogênio sintase cinase 3 (GSK3).

No sistema imunológico, a sinalização envolvendo mTOR é disparada pela ligação de抗ígenos a seus receptores específicos em células T e B ou à TLR e pela ligação de interleucinas a seus receptores. Esta enzima cinase pode apresentar-se na forma de dois complexos: mTORC1 e mTORC2. A mTOR e a LST8 (também chamado G $\beta$ L), juntamente com a proteína associada reguladora de mTOR (RAPTOR) formam o complexo mTORC1. RAPTOR é essencial para a atividade de mTORC1. O complexo mTORC2 também apresenta LST8, mas, ao invés de RAPTOR, está associado com RICTOR (uma estrutura insensível ao imunossupressor rapamicina) e possivelmente a uma MAPKAP1 (proteína cinase ativada por mitógenos associada à proteína 1, também conhecida como SIN1).

O complexo mTORC1 estimula a síntese de proteína e a proliferação celular, enquanto o complexo mTORC2, a organização do citoesqueleto. O complexo de esclerose tuberosa 1 (TSC1) e 2 (TSC2) juntos formam um complexo funcional que age como um inibidor de mTORC1. A prática de exercícios pode gerar a produção de fatores de crescimento e

citocinas, estas últimas, juntamente com moléculas co-estimulatórias e receptores de抗ígenos ativam PI3 K, que ativa subsequentemente AKT (PKB). Esta enzima completamente ativada inibe TSC2 por fosforilação da mesma, permitindo a ativação de mTORC1. Alternativamente, estresse celular e danos no DNA, os quais também podem se promovidos por atividade física, podem inibir mTOR C1 por promover a capacidade reguladora de TSC1-TSC2. Este complexo age via inibição de RHEB (uma GTPase homóloga a Ras, abundante no cérebro), que é um estimulador de mTORC1 e principal regulador negativo de mTOR. Ativação PI3-K – AKT resulta em fosforilação inibitória de TSC2 e remove a repressão de RHEB (homólogo de Ras), o qual é estimulador de mTORC1. Baixos níveis de nutrientes e energia e condições de hipoxia (promovidos por exercício físico) aumentam a inibição de mTORC1 mediada por TSC1-TSC2. MTORC2, ativada por PI3K, fosforila diretamente AKT e também regula a dinâmica do citoesqueleto de actina<sup>105</sup>.

A prática regular de exercício físico pode ser benéfica para a saúde, porém, parâmetros como volume e intensidade devem ser observados em sua prescrição para que dele se obtenha melhores resultados. De uma maneira geral, o exercício de

intensidade moderada promove proteção contra infecções causadas por microrganismos intracelulares, pois direciona a resposta imune para a predominância de células Th1. Em contrapartida, atividades de alta intensidade geram aumento das concentrações de citocinas anti-inflamatórias (padrão Th2), visando diminuição dos danos no tecido muscular resultantes da inflamação, embora isto possa resultar no aumento da susceptibilidade a infecções. O exercício moderado move alterações em parâmetros do sistema imunológico, resultando em uma melhor resolução de infecções por microrganismos intracelulares, enquanto no exercício intenso estas alterações resultam no aumento da susceptibilidade à infecções por esses microrganismos. MØ – macrófagos, Nφ – neutrófilos.

### Obesidade, Inflamação e Exercício

Nas últimas décadas, a prevalência de obesidade tem aumentado em todo o mundo.

Dados recentes estimam que aproximadamente 500 milhões de pessoas adultas (acima de 20 anos) sejam obesas no mundo, das quais 205 milhões são homens (9,8%) e 297 milhões são mulheres (13,8%). No Brasil, segundo dados divulga-

dos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a incidência de obesidade é de 12,4% e 16,9% em homens e mulheres, respectivamente.



Fonte:

<https://globoesporte.globo.com/>

A obesidade foi definida pela Organização Mundial de Saúde, em 2000, como o acúmulo anormal ou excessivo de gordura [índice de massa corporal (IMC) 30 kg/m<sup>2</sup>] que representa risco à saúde.

Contudo, o aumento exponencial na prevalência da obesidade e o consequente interesse dos pesquisadores em estudar essa doença permitiram a ampliação desse conceito. Hoje, essa enfermidade pode ser definida como de origem multifatorial, resultante de fatores genéticos, fisiológicos, ambientais e psicológicos, proporcionando o acúmulo excessivo de energia sob a forma de gordura no organismo.

Recentes investigações associam a obesidade a outras doenças crônico degenerativas, tais como dislipidemia, hiperinsulinemia, diabetes mellitus tipo 2 (DM2), hiper-

tensão arterial, aterosclerose e, mais recentemente, a esteatose hepática não alcoólica e alguns tipos de câncer, que, em conjunto, contribuem para o aumento da morbimortalidade em todo o mundo. Essas alterações, com exceção do câncer, coletivamente, compreendem o diagnóstico da síndrome metabólica (SM). Assim como a obesidade, a SM tem sua etiologia associada a fatores genéticos e ambientais. Além disso, sua prevalência também vem crescendo de forma alarmante.

Gerald Reaven foi o primeiro autor a descrever a SM. Na oportunidade, o autor propôs que a resistência à ação da insulina seria o alvo central da etiologia do DM2, da doença coronariana e da hipertensão arterial. No entanto, evidências mais recentes apontam para uma relação muito próxima entre SM e obesidade, especialmente a “obesidade visceral”. Nesse contexto, uma revisão apontou diversos biomarcadores comuns entre obesidade e SM: IMC (obesidade), circunferência de cintura (obesidade abdominal), área e volume dos adipócitos viscerais (obesidade visceral), gordura hepática (gordura ectópica), leptina (desordens endócrinas), fator de necrose tumoral-alfa (TNF-alfa – inflamação) e acúmulo de macrófagos (modificações histológicas). Além disso, a obesidade visceral associada a

fatores genéticos e ambientais, como fumo e estresse, é componente essencial na fisiopatologia da SM.

Em contrapartida, outros achados afirmam que ainda não está claro qual é o principal desencadeador da SM<sup>11</sup> e que não existe um consenso sobre sua definição, o que coloca em risco seu diagnóstico.

O real impacto do exercício como estratégia não farmacológica de tratamento da obesidade ainda merece esclarecimento, principalmente em relação aos seus efeitos sobre citocinas pró-inflamatórias, como o TNF-alfa e a interleucina-10 (IL-10). Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo demonstrar e discutir a relação entre obesidade e inflamação, com foco principal no TNF-alfa e IL-10, bem como demonstrar os efeitos do exercício sobre estas citocinas. Para tanto, foi realizada uma revisão de literatura, através de busca científica on-line, de caráter descritivo e exploratório, a partir de trabalhos relacionados à obesidade, inflamação e exercício, com foco em TNF-alfa e IL-10. Foram consultadas as bases de dados PubMed, MEDLINE, SciELO, LILACS, Periódicos Portal Capes, Highwire e Isi Web of Knowledge. Uma análise semi quantitativa do material encontrado na literatura foi realizada, baseada nos principais focos do trabalho.

## ***Obesidade e Inflamação***

Durante décadas, o tecido adiposo foi considerado como um órgão com papel crucial apenas na regulação da homeostase dos ácidos graxos do organismo. Em períodos de abundância de calorias, os ácidos graxos livres são armazenados na forma de triacilglicerol através da sua esterificação com glicerol e, em tempos de escassez de energia, estes são liberados de volta para a circulação. Foi com a descoberta da leptina, hormônio regulador da ingestão de alimentos e do balanço energético, e a confirmação da secreção de proteínas envolvidas na regulação do metabolismo, como o TNF-alfa, identificada como um regulador negativo da transdução do sinal de insulina, que o tecido adiposo branco passou a ser considerado um órgão secretor.

Sabe-se hoje que o tecido adiposo possui, além de capacidade de regulação do armazenamento e da distribuição de gordura, comunicação com o sistema nervoso central e o trato gastrintestinal, desempenhando importante papel na resposta inflamatória em condições tanto autócrinas quanto parácrinas ou endócrinas.

Atualmente, mais de cinquenta produtos derivados dos adipócitos já foram isolados e caracteri-

zados. Nesse sentido, estudos experimentais mostraram que ratos obesos aumentam não apenas os níveis de TNF-alfa, mas também de outras adipocinas pró-inflamatórias incluindo as interleucinas 6 e 1-beta, quimiocina ligante CC 2 (CCL2), entre outras. Em contrapartida, ratos obesos diminuem os níveis de adipocinas anti-inflamatórias, como a IL-10. Segundo Heber, a localização da gordura corporal também tem implicações significativas para os riscos à saúde, sendo que riscos maiores estão associados à obesidade abdominal. Este aumento é infinito, podendo ultrapassar a capacidade de suprimento de sangue para estas células, com a possibilidade de interação com monócitos atraídos a partir da medula óssea.

Estudos recentes mostram que a hipertrofia dos adipócitos, isto é, o aumento do volume da célula adiposa, decorrente do acúmulo excessivo de triacilgliceróis, é altamente correlata com a obesidade e acarreta uma infiltração e ativação de macrófagos no tecido adiposo. Isso, por sua vez, culmina no aumento do processo inflamatório crônico de baixa intensidade.

A hipertrofia dos adipócitos, especialmente os viscerais, que são mais ativos, está relacionada com a resistência ao efeito antilipolítico da insulina e aumento da ação das ca-

tecolaminas. Isso se deve ao aumento da expressão de beta-adrenorreceptores (beta-3) e à diminuição da expressão de alfa-2-adrenorreceptor, aumentando o fluxo dos ácidos graxos não esterificados para o fígado, via sistema porta, culminando em maior produção de glicose hepática, redução da degradação de apolipoproteína B e aumento da produção de triacilgliceróis. Todas essas alterações descritas (alteração nos mecanismos de síntese e oxidação de lipídios, bem como sua função secretória) são fatores que indicam o envolvimento do tecido adiposo com a fisiopatologia da SM.<sup>9</sup>

A hipertrofia dos adipócitos induz à infiltração de macrófagos e ao aumento da inflamação com produção aumentada de adipocinas pró-inflamatórias, como TNF-alfa e IL-6. Isso é acompanhado por um aumento da liberação de ácidos graxos livres e desregulação da secreção de leptina, adiponectina, resistina e proteína ligante de retinol (RBP4). Juntas, essas substâncias derivadas dos adipócitos e macrófagos podem agir de forma parácrina ou autócrina, agravando a inflamação do tecido adiposo. Em nível sistêmico, a secreção alterada de adipocinas pode levar ao aumento na ingestão alimentar e à redução do gasto energético através de ações no hipotálamo. Além disso, a sensibilidade à

insulina diminui no músculo e no fígado através do aumento ectópico da deposição de lipídios associado ao desenvolvimento da inflamação crônica de baixa intensidade. O resumo destes mecanismos está ilustrado na figura 1. TNF-alfa TNF-alfa é uma citocina pró-inflamatória sintetizada como uma proteína transmembrana com massa molecular de 26 kDa. Ela passa por uma clivagem antes de ser liberada para a circulação como uma molécula solúvel. Estudos indicam que a hipertrófia do tecido adiposo leva ao aumento da expressão de TNF-alfa, tendo ações predominantemente autócrinas e parácrinas.

Originalmente pensava-se que a razão para o aumento observado dos níveis séricos desta citocina em indivíduos obesos fosse a superprodução realizada pelo excesso de tecido adiposo. Entretanto, atualmente tem sido reconhecido que esse aumento é devido à infiltração de macrófagos M1 no tecido adiposo. Independente do agente responsável pelo aumento de TNF-alfa, inúmeros achados demonstram que níveis elevados desta citocina estão relacionados com a resistência à insulina e, consequentemente, com a etiologia do DM2. O TNF-alfa parece ter papel importante na fisiopatologia da resistência à insulina através da diminuição da expressão à super-

fície celular dos transportadores de glicose (GLUT-4), fosforilação do substrato 1 dos receptores de proliferação de macrófagos e alteração na secreção de adipocinas levando à inflamação crônica de baixa intensidade. Este quadro, associado ao aumento de ácidos graxos livres circulantes, provoca aumento de ingestão alimentar, diminuição do gasto energético, além da alteração na homeostase de tecidos periféricos, como músculo e fígado, promovendo acúmulo ectópico de gordura, inflamação e resistência à insulina. Fonte: Adaptada de Galic e colaboradores.

Além disso, demonstra também que o aumento no processo inflamatório está associado a aumentos concomitantes nos níveis de insulina, leptina e glicose, reforçando a relação do processo inflamatório crônico de baixa intensidade com a resistência insulínica.<sup>19</sup> Em humanos também demonstrou-se que o excesso de peso ( $IMC > 27 \text{ kg/m}^2$ ) contribui para o aumento dos níveis séricos de TNF-alfa, apresentando correlação inversa entre o aumento desta citocina e o metabolismo da glicose. Adicionalmente, o TNF-alfa parece ativar o fator de transcrição nuclear kB (NF-kB), o que leva a uma série de alterações inflamatórias no tecido vascular. Essas alterações inflamatórias do tecido vascular

cular resulta em ativação endotelial, com disfunção endotelial e hipertensão. Entretanto, diversos estudos demonstraram que a redução de peso e a redução de gordura visceral, especificamente, pode aumentar os níveis de adipocinas anti-inflamatórias, como adiponectina e IL-10, e reduzir os níveis de adipocinas pró-inflamatórias, como TNF-alfa, resistina e IL-6.<sup>1</sup>

### IL-10

A IL-10 é uma citocina anti-inflamatória, com massa molecular de 17 kDa em sua forma solúvel, sendo produzida principalmente por macrófagos e linfócitos.<sup>17</sup> Evidências apontam que no tecido adiposo a IL-10 é produzida por macrófagos M<sub>2</sub>, principalmente em indivíduos magros. Sua principal função parece ser a regulação do sistema imune, inibindo significativamente a expressão e/ ou síntese de citocinas ou adipocinas pró-inflamatórias por meio de contra regulação negativa. Segundo Nishida e colaboradores, a IL-10 tem propriedades anti-inflamatórias multifacetadas, incluindo a inibição da atividade de macrófagos e células T, além de apresentar um efeito protetor contra aterogênese. Foi demonstrado claramente na literatura que a adiponectina, uma importante adipocina anti-inflamató-

ria, induz a expressão de IL-10 em macrófagos humanos. Aparentemente, parte dos efeitos antiaterogênicos da adiponectina são mediados pela IL-10. A diminuição da concentração plasmática de IL-10 tem sido correlacionada positivamente com uma diminuição da fração de ejeção do ventrículo esquerdo.

Além disso, em animais com insuficiência cardíaca pós-infarto do miocárdio, a taxa de produção de IL-10 foi recentemente demonstrada como um indicador preciso do grau de disfunção ventricular. Recentemente, Ropelle e colaboradores demonstraram que a IL-10 pode exercer importante ação anti-inflamatória no sistema nervoso central. Os achados destes autores sugerem que a infusão de IL-10 diretamente no hipotálamo inibe a ação inflamatória do IkB/NF-kB nessa região do cérebro de ratos obesos, aumentando a sensibilidade à ação da leptina e da insulina nos neurônios dessa região, culminando em diminuição da ingestão calórica e melhora no controle do balanço energético.

### **TNF-Alfa e IL-10: Efeitos do Exercício**

Estudos epidemiológicos e de coorte têm demonstrado forte associação entre obesidade e inatividade física, bem como tem sido descrita a

associação inversa entre atividade física, índice de massa corpórea (IMC), razão cintura-quadril (RCQ) e circunferência de cintura. A recomendação do American College of Sports Medicine é que indivíduos que desejam manter sua massa corporal estável devem realizar de 150 a 200 minutos de exercício físico por semana, gerando um gasto calórico em torno de 1.200 a 2.000 kcal por semana. Já indivíduos que estão com sobre peso ou são obesos devem realizar de 250 a 300 minutos de exercício físico por semana, com gasto calórico estimado de no mínimo 2.000 kcal por semana para obter uma perda de peso significativa. No entanto, é importante ressaltar que para um emagrecimento significativo e duradouro é essencial a associação do exercício físico com uma dieta hipocalórica (500-1.000 kcal/dia). Portanto, parece que somente o gasto calórico advindo do exercício físico não é suficiente para o sucesso de um programa de intervenção para tratar a obesidade. Inúmeras evidências têm apontado o exercício físico como importante agente estimulador de respostas anti-inflamatórias, podendo auxiliar no controle da inflamação crônica de baixa intensidade e, consequentemente, diminuírem os riscos das doenças crônicas associadas, como DM2, hipertensão e aterosclerose.

Petersen e Pedersen, em uma revisão de literatura, afirmaram que o exercício físico regular pode proteger contra doenças associadas à inflamação crônica de baixa intensidade. Esse efeito crônico do exercício pode ser atribuído à resposta antiinflamatória induzida pelo efeito repetido de uma sessão aguda de exercício, que é parcialmente mediada pela IL-6 derivada do músculo esquelético. Essa citocina tem características díbias, podendo ser pró ou anti-inflamatória. Concentrações fisiológicas de IL-6 parecem estimular o aparecimento na circulação das citocinas anti-inflamatórias: receptor antagonista de IL-1 (IL-1ra) e IL-10, além de inibir a produção de citocinas pró-inflamatórias como TNF-alfa, podendo reduzir seus efeitos deletérios. Além disso, a IL-6 parece estimular a lipólise, bem como a oxidação das gorduras.

Segundo Pauli e colaboradores, os benefícios do exercício são claros frente aos efeitos deletérios do processo inflamatório no músculo esquelético. Como foi dito anteriormente, o excesso de ácidos graxos livres associados ao processo inflamatório crônico de baixa intensidade, com aumento de TNF-alfa, entre outros marcadores pró-inflamatórios com IL-1-beta, podem desencadear a resistência à ação da insulina no músculo esquelético. Resu-

midamente, os mecanismos que explicam este quadro são a ativação de quinases, especialmente IkKB e JNK. A IkKB pode interferir na sinalização de insulina através de pelo menos duas vias: primeiro, fosforilando diretamente os substratos do receptor de insulina (IRS-1 e IRS-2) em resíduos de serina; segundo, ativando indiretamente o NF-kB, um fator de transcrição que, entre outros alvos, pode estimular a produção de vários mediadores inflamatórios, incluindo o TNF-alfa e a sintase de óxido nítrico induzida (inducible nitric oxide synthase - iNOS). Já a JNK também pode interferir negativamente na sinalização da insulina, fosforilando o IRS-1 e o IRS-2 em serina. O exercício físico parece agir reduzindo a expressão e/ou atividade destas proteínas intracelulares de efeito negativo sobre a via de sinalização da insulina, aumentando a sensibilidade à insulina e melhorando a captação de glicose pelo músculo esquelético.

Assim, Bradley e colaboradores, utilizando camundongos induzidos à obesidade com quatro semanas de dieta hiperlipídica, analisaram o efeito de seis semanas de corrida voluntária na expressão de: TNF-alfa, proteína quimiotática de monócitos-1 (monocyte chemoattractant protein-1-MCP-1), inibidor do ativador do plasminogênio tipo 1

(plasminogen activator inhibitor-1 - PAI-1) e IkK no tecido adiposo visceral, a fim de verificar a homeostase glicêmica nesses animais. Os resultados desse estudo sugerem que o exercício reduz parcialmente a adiposidade, reverte a resistência à insulina e diminui a inflamação do tecido adiposo visceral, induzida pela dieta hiperlipídica.

Recentemente uma robusta investigação analisou o efeito agudo de uma sessão de exercício de natação ou de corrida na resistência à ação da leptina e da insulina no hipotálamo em ratos Wistar induzidos à obesidade através de três meses de ingestão de uma dieta hiperlipídica. De maneira interessante, os achados dessa investigação apontaram para uma diminuição da ingestão alimentar após uma única sessão de ambas as modalidades utilizadas, sugerindo um aumento da sensibilidade à leptina e à insulina no hipotálamo. Averiguando as razões para tal resposta, os autores observaram que o exercício promove um aumento das citocinas anti-inflamatórias no hipotálamo, como as ILs 6 e 10, induzindo à redução da atividade dos marcadores IKKb/NF-kB e do estresse no retículo endoplasmático no hipotálamo. Nesse sentido, parece que o exercício pode ser importante no combate à obesidade, não apenas na redução da massa corpo-

ral e da adiposidade, mas também na redução da ingestão alimentar induzida por uma resposta anti-inflamatória.

Batista e colaboradores apontam que o exercício físico, principalmente o aeróbio, também tem sido considerado o alicerce dos programas de reabilitação cardíaca e uma importante forma de tratamento não farmacológico. Segundo os autores, a IL10 parece ser afetada pelo exercício físico, podendo atuar como fator central na atenuação e/ou modulação da resposta inflamatória na insuficiência cardíaca. Além do aumento local na produção de IL-10, esse efeito poderia ter impacto sistêmico, reduzindo, ou até mesmo evitando, o aumento de citocinas pró-inflamatórias, como TNF-alfa, condição que, no caso da insuficiência cardíaca está relacionada à maior severidade dessa doença.

Em contrapartida, um estudo de Lira e colaboradores demonstrou que a falta de um tempo adequado de recuperação entre sessões de exercício físico pode ser prejudicial. Os autores realizaram um protocolo progressivo de exercício em esteira com ratos Wistar, durante 11 semanas, no qual os animais aumentaram gradativamente a intensidade e o volume de exercício ao longo das semanas de treinamento, até chegarem a uma intensidade de 25 m.min-

1 durante 60 minutos na quarta semana. A partir desse momento, a fim de criar um desequilíbrio entre estímulo e recuperação, os períodos de recuperação foram diminuídos gradativamente, passando de 24 horas na oitava semana de treinamento para 4 horas na nona, 3 horas na décima e apenas 2 horas na última semana de treinamento. Os resultados dessa investigação apontaram que o excesso de exercício aeróbio, realizado em esteira, pode contribuir para o aumento das concentrações séricas de TNF-alfa e IL-6, bem como promover o aumento na expressão de outros fatores pró-inflamatórios no tecido adiposo, como receptor do tipo Toll-4 (TLR-4) e NF-kB. Além disso, essa investigação demonstrou que os animais que treinaram de forma excessiva apresentaram concentrações séricas menores de IL-10 quando comparados àqueles que tiveram um período de recuperação adequado entre as sessões de exercício. Em suma, os autores sugerem que o “super treinamento” pode promover um aumento do processo inflamatório crônico de baixa intensidade, mesmo em animais que não foram induzidos à obesidade.

Tendo em vista os fatos apresentados até aqui, é possível sugerir que o exercício físico aeróbio, aplicado de maneira coerente, realmen-

te contribui de forma significativa na melhora do quadro inflamatório crônico de baixa intensidade. No entanto, o efeito direto do treinamento de força na inflamação do tecido adiposo em animais obesos permanece obscuro. Os únicos achados na literatura que utilizaram protocolos de treinamento de força têm demonstrado que ele parece ser eficaz na diminuição dos depósitos de tecido adiposo em ratos.

Nesse sentido, nosso grupo de pesquisa realizou um estudo<sup>35</sup> com ratos Wistar adultos induzidos à obesidade com três semanas de dieta hiperlipídica, com o intuito de analisar os efeitos de oito semanas de treinamento de força de alta intensidade/curta duração e do treinamento aeróbio de moderada intensidade/longa duração sobre a expressão gênica de TNF-alfa e IL-10, área de adipócitos e perfil lipídico. Os animais dos grupos de treinamento de força realizaram escaladas em uma escada vertical, com pesos atados às suas caudas. As sessões foram realizadas uma vez a cada três dias, com 4 a 9 escaladas com 8 a 12 movimentos dinâmicos por escala da. Os grupos de natação realizaram 60 min/dia, cinco dias por semana, com uma carga constante de peso de 5%. Os animais treinados em força apresentaram menores valores de área de adipócitos nos tecidos visce-

ral e retroperitoneal, menor expressão de TNF-alfa no tecido adiposo visceral, expressão não alterada de IL-10 no mesmo tecido e benefícios no perfil lipídico. Os grupos de natação apresentaram menor área de adipócitos nos tecidos epididimal e retroperitoneal, menor expressão de TNF-alfa maior expressão de IL-10 e benefícios no perfil lipídico. Os resultados do nosso estudo indicam os potenciais benefícios do treinamento de força e da natação como alternativas não farmacológicas para controlar os efeitos deletérios da dieta hiperlipídica em ratos.

O exercício físico parece contribuir de maneira significativa na redução da atividade de importantes marcadores pró-inflamatórios, como o TNF-alfa, MCP-1, PAI-1, IkK, NF- $\kappa$ B, entre outros, e no aumento da atividade de marcadores anti-inflamatórios principalmente adiponectina e IL-10. Entretanto, em relação à diminuição do tecido adiposo e da inflamação crônica de baixa intensidade, ainda não está claro qual é a melhor modalidade de exercício, o melhor equilíbrio entre volume e intensidade, além da melhor frequência de exercício para a obtenção de melhores resultados.

5

## 5. Referências Bibliográficas

Achten J, Jeukendrup AE. Heart rate monitoring: applications and limitations. Sports Med 2003

Alés Martínez J, Alvarez-Mon M, Merino F, et al. Decreased TcR CD3+ cell numbers in healthy aged humans. Evidence that T cell defects are masked by a reciprocal increase in TcR CD3 CD+ natural killer cells. Eur J Immunol 1988; 8:1827-30

Alvarez-Mon M, Kehrl JH, Fauci AS. A potential role for adrenocorticotropin in regulating human B lymphocyte functions. J Immunol 1985

American College of Sports Medicine and Dietitians Canada Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. Med Sci Sports Exerc 2000

American College of Sports Medicine. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. Med Sci Sports Exerc 2002

Armstrong RB, Ogilive RW, Schwane JA (1983). Eccentric exercise-induced injury to rat skeletal muscle. J Appl Physiol 54 (1): 80-93 Baumann H, Gauldie J (1994). The acute phase response. Immunol Today 15: 74-80

Arosa, F.A., Cardoso, E.M. e Pacheco, F.C. (2007). Fundamentos de Imunologia. Lisboa, Lidel. pp. 19-94

Ballor DL, Poehlman ET. Exercise-training enhances fat-free mass preservation during diet-induced weight loss: a meta-analytical finding. Int J Obes Relat Metab Disord 1994

Bellanti JA. Immunology III. Philadelphia: Saunders, 1985.

Berk LS, Nieman DC, Tan SA (1989).

Maximal exercise modifies lymphocytes and subpopulations T helper and T suppressor and ratio in man. Med Sci Sports Exercise 19:S43-S44

Besedovski HO, Del Rey A, Sorkin, E, Dinarello CA (1986). Immunoregulatory feedback between interleukina-1 and glucocorticoid hormones. Science. 223, 625-654

Blalock JE (1994). The syntax of immune-neuroendocrine communication. Immunol Today 15: 504-511

Blalock JE. A molecular basis for bidirectional communication between the immune and neuroendocrine systems. Physiol Rev 1989

Blalock JE. Neuroendocrine peptide receptors on cells of the immune system. In: Neuroimmunoendocrinology. Second ed. Basel, Switzerland: Karger, 1992

Blannin, AK, Robson PJ, Walsh NP, Clark AM, Glennon L., Gleeson M. (1998). The effect of exercising to exhaustion at different intensities on saliva Immuno-globulin A, protein and electrolyte secretion. Int J Sports Med. 19: 547552

Bogden JD, Oleske JM, Lavenhar MA, et al. Effects of one year of Supplementation with zinc and other micronutrients on cellular immunity in the elderly. J Am Col Nutr 1990

Borges, G.F, Teixeira, A.M., Ferreira, J.P. (2012) Meta-analysis of the effect on immune system of carbohydrate supplementation on exercise, Motricidade, 8(2), pp. 83-97

Brenner I, Shek PN, Zamecnik J, and Shephard RJ (1998). Stress Hormones and the immunological responses to heat and exercise. Int J Sports Med 10: 130-143

Brenner IK, Natale VM, Vasiliou P, Moldoveanu AI, Shek PN, Shephard RJ (1999). Impact of three different types of exercise on components of the inflammatory response. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*: 80(5):452-60

Brines R, Hoffman-Goetz L, and Pedersen BK (1996). Can you exercise to make your immune system fitter? *Immunol Today* 17: 252-254

Brito, C. J., et al., (2011) Exercício físico como fator de prevenção aos processos inflamatórios decorrentes do envelhecimento. *Motriz, Rio Claro*, 17 (3), pp.544-555

Bruunsgard H, Galbo H, Halkjaer-Kristensen J, Johansen TL, Mac Lean DA, and Pedersen BK (1997). Exercise-induced increase interleukin-6 is related to muscle damage. *J Physiol* 499: 833-841

Bunt JC. Hormonal alterations due to exercise. *Sports Med* 1986

Bury TB, Luis R, Radermaker MF. Pirnay F (1996). Blood mononuclear cells mobilization and cytokine secretion during prolonged exercises. *Int J Sports Med* 17: 156-160

Cannon JG, Fielding RA, Fiataroni MA, Orencole SF, Dinarello CA, Evans WJ (1989). Increased interleukin 1 beta in human skeletal muscle after exercise. *Am J Physiol.* 257: R451-R455?

Cannon JG. Infammatory cytokines in nonpathological states. *News Physiol Sci* 2000;

Caputo F, Mello MT, Denadai BS. Oxygen uptake kinetics and time to exhaustion in cycling and running: a comparison between trained and untrained subjects. *Arch Physiol Biochem* 2003

Carlson SL, Brooks WH, Roszman TL

(1989). Neurotransmitter-lymphocyte interactions: dual receptor modulation of lymphocyte proliferation and camp production. *J Neuroimmunol.* 24: 155-162

Carrol MC. The role of complement and complement receptors in induction and regulation of immunity. *Ann Rev Immunol* 1998

Carvalho, M.H., et al., (2006) Citocinas, Disfunção Endotelial e Resistência à Insulina Arq Bras Endocrinol Metab, 50(2), pp.304-311.

Catanho da Silva, F.O., Macedo, D.V., (2011) Physical exercise, inflammatory process and adaptive condition: an overview. *Ver.Bras Cineantropom Desempenho Hum*, 13(4), pp.320-328.

Charette SL, Mcevoy L, Pyka G, Snow-Harter C, Guido D, Wiswell RA, Marcus R. Muscle hypertrophy response to resistance training in older women. *J Appl Physiol* 1991

Córdova A, Alvarez-Mon M. Behaviour of zinc in physical exercise: a special reference to immunity and fatigue. *Neurosci Biobehav Rev* 1995

Córdova A, Alvarez-Mon M. Serum magnesium and immune parameters after maximal exercise in elite sportmen. Are they related? *Magnesium Bul* 1996

Córdova A, Sada G, Villarrubia V, Alvarez-Mon M. Effects of training on serum zinc in CD+3 and CD+19 lymphocytes in sportsmen along a season. In: Collery Ph, Cobella J, Domingo JL, Etienne JC, Llobet JM, editors. Metal ions in biology and medicine. Paris: John Libbey, 1996; 667-9.

Córdova A. Compendio de fisiología para ciencias de la salud. Madrid: Ind. ed. Interamericana-McGraw-Hill, 1994.

Córdova A. La fatiga muscular en el rendimiento deportivo. Madrid: Ind. ed. Sintesis, 1997.

Costa Rosa, L. F., Vaisberg M. W. (2002) Influências do exercício na resposta imune. Rev Bras Med Esporte, 8(4) pp.168-172 Ferreira, L.G., et al., (2006) Vegetarian diets and sports performance. Rev. Nutr., Campinas, 19(4) pp.469-477.

DACIE J. V; LEWIS S. M. Practical Haematology. Eight ed. Churchill Livingstone, 1995.

Davis JM, Kohut ML, Hertler-Colbert M, Jackson DA, Ghaffar A, Mayer EP (1997). Exercise, alveolar macrophage function, and susceptibility to respiratory infection. J Appl Physiol 83:1461-1466

De Castro CB, Manhães-de-Castro R, Queirós A, Costa JA. Brandt CT (1999). Estresse: Interações neuroendócrinas e imunológicas. Anais Faculd de Med CCS - UFPE. 44 (2): 132 – 137

De Castro CB., Manhães-de-Castro R, Meireiros AF, Queirós A, Ferreira WT, Lima Filho JL. (2000) Effect of stress on the production of O<sub>2</sub> - in alveolar macrophages. J Neuroimmunol. 108 (1) 68 – 72

De Glisezinski I, Moro C, Pillard F, Marion-Latard F, Harant I, Meste M, et al. Aerobic training improves exercise-induced lipolysis in SCAT and lipid utilization in overweight men. Am J Physiol Endocrinol Metab 2003

Del Prete G. The complexity of the CD4 T-cell responses: old and new T-cell subsets. Parassitologia 2008

Dinarello CA, Mier JW. Interleukins Annu Rev Med 1986.

Drenth JPH, VanUun SHM, Van Deuren M, Pesman GJ, Van der Ven Jongekrug J,

Van der Meer JW (1995). Endurance run increases circulating IL-6 and IL-1ra but down regulates ex vivo TNF-a and IL-1b production. J Appl Physiol. 79: 1497-1503

Elenkov IJ, Chrousos GP, Wilder RL. Neuroendocrine regulation of IL-12 and TNF-alpha/IL-10 balance. Clinical implications. Ann NY Acad Sci 2000

Ferry A, Weill BL, Rieu M. Immunomodulations induced in rats by exercise on a treadmill. J Appl Physiol 1990

Ferry A. Influences de l'exercice musculaire sur le système immunitaire: exemples d'immunomodulation. Sci Sports 1989

FOSS, L. M.; KETEYIAN, J. S. Fox Bases Fisiológicas do Exercício e do Esporte. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara/Koogan, 2000.

FRANÇA et al. Resposta divergente da testosterona e do cortisol séricos em atletas masculinos após uma corrida de maratona. Arq. Bras. Endocrinol Metab, São Paulo, v.50 n.6, dec, 2006.

Frontera WR, Meredith CN, O'Reilly KP, Knuttgen HG, Evans WJ. Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. J Appl Physiol 1988

Galbo H. Hormonal and metabolic adaptation to exercise. Stuttgart: Verlag, 1983.

Garrow JS, Summerbell CD. Meta-analysis: effect of exercise, with or without dieting, on the body composition of overweight subjects. Eur J Clin Nutr 1995

Glisezinski I, Crampes F, Harant I, Berlan M, Hejnova J, Langin D, et al. Endurance training changes in lipolytic responsiveness of obese adipose tissue. Am J Physiol Endocrinol Metab 1998

Goldsby, A.R. et al (2000) Kubby Immunology.4<sup>a</sup> edição, New York, W.H. Freeman and Company, pp.25-76Iriart, J. A. B., Andrade, T. M., (2002) Body-building, steroid use, and risk perception among young bodybuilders. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 18(3) pp.1379-1387.

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

GUYTON, H. Tratado de Fisiologia Médica. São Paulo: Guanabara Koogan, 2002.

Hackman RM, Ellis BK, Brown RL. Phosphorus magnetic resonance spectra and changes in body composition during weight loss. *J Am Coll Nutr* 1994

Häkkinen K, Kallinen M, Izquierdo M, Jokelainen K, Lassila H, Lätkiä E, et al. Changes in agonist- antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *J Appl Physiol* 1998

Häkkinen K, Pakarinen A, Kraemer WJ, Häkkinen A, Valkeinen H, Alen M. Selective muscle hypertrophy, changes in EMG and force, and serum hormones during strength training in older women. *J Appl Physiol* 2001

Handschin C, Spiegelman BM. The role of exercise and PGC1α in inflammation and chronic disease. *Nature* 2008

Haskell WL, Lee I-M, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, et al. Physical Activity and Public Health: Updated Recommendation for Adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc* 2007

Hill JO, Schlundt DG, Sbrocco T, Sharp T, Pope-Cordle J, Stetson B, et al.

Evaluation of an alternating-calorie diet with and without exercise in the treatment of obesity. *Am J Clin Nutr* 1989.

HOCKNBURY, D. H; HOCKNBURY, S. E. Descobrindo a Psicologia. 2 ed. São Paulo: Manole, 2003.

Jensen M, Fossum C. Effects of acute physical stress on immune competence in pigs. *Am J Vet Res* 1993

KAPASI, Z. F. Effects of na exercise intervention on immunologic parameters in frail elderly nursing home residents. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Msd. Sci.*, v. 58 n. 7, p. 636-43, 2003.

Kappel M, Tvede N, Galbo H, et al. Evidence that the effect of physical exercise on NK cell activity is mediated by epinephrine. *J Appl Physiol* 1991

Keats D, Cameron K, Morton AR. Exercise and the immune response. *Sports Med* 1988

Kelley KW, Arkins S, Li YM. Growth hormone, prolactin, and insulin-like growth factors: new jobs for old players. *Brain Behav Immunol* 1992

Kelley KW. Stress and immune function: a bibliographic review. *Ann Rech Vet* 1980

Kraemer WJ, Volek JS, Clark KL, Gordon SE, Incledon T, Puhl SM, et al. Physiological adaptations to a weight- loss dietary regimen and exercise programs in women. *J Appl Physiol* 1997

Ksnig D, Weinstock C, Keul J, Northoff H, Berg A. Zinc, iron, and magnesium status in athletes. Influence on the regulation of exercise- induced stress and immune function. *Exerc Immunol Rev* 1998

Laperriere A, Ironson G, Antoni MH, Schneiderman N, Klimas N, Fletcher MA. Exercise and psychoneuroimmunology. *Med Sci Sports Exerc* 1994

## IMUNOLOGIA E TREINAMENTO

Leandro CG, Castro RM, Nascimento E, Pithon-Curi TC, Curi R. Mecanismos adaptativos do sistema imunológico em resposta ao treinamento físico. Rev Bras Med Esporte 2007

LEANDRO, C. et al. Exercício físico e sistema imunológico: mecanismos de integrações. Rev. Portuguesa de Ciência do Desporto, v. 2, n. 5, p.80-90, 2002. Manole, 2000.

Lin SY, Jan MS, Chen HI. The effect of chronic and acute exercise on immunity in rats. Int J Sports Med 1992

Marco JC, Rodriguez H, Navas JF, Córdova A. La fatiga psicológica en el deportista. Selección 1995

Marins JCB, Giannichi RS. Avaliação e prescrição de atividade física. 3<sup>a</sup> edição, Rio de Janeiro: Shape; 2003.

Martínez, A. C., Alvarez-Mon M. (1999) O sistema imunológico (I): Conceitos gerais, adaptação ao exercício físico e implicações clínicas. Rev Bras Med Esporte 5, (3). Matijasevich, A., Domingues, M.R. (2010) Physical exercise and preterm birth. Rev. Bras Ginecol Obstet, 32(9), pp.415-419.

MAUGHAN, R.; GLEESON, M.; GREENHAFF, P. L. Bioquímica do Exercício e do Treinamento. São Paulo: Manole, 2000.

Mazzeo RS. The influence of exercise and aging on immune function. Med Sci Sports Exerc 1994

Menicucci, D., et al., (2013) Interactions between immune, stress-related hormonal and cardiovascular systems following strenuous physical exercise. Archives italiennes de Biologie, 151, pp.126-136.

Monteiro R, Riether P, Burini R C. Efeito de um programa misto de intervenção nutricional e exercício físico sobre a

composição corporal e os hábitos alimentares de mulheres obesas em climatério. Rev Nutr 2004 Moretta A, Marcenaro E, Parolini S, Ferlazzo G, Moretta L. NK cells at the interface between innate and adaptive immunity. Cell Death Differ 2008.

Nash MS. Exercise and immunology. Med Sci Sports Exerc 1994

Nieman DC, Nehlsen-Cannarella SL. The effects of acute and chronic exercise on immunoglobulins. Sports Med 1991

OLIVEIRA, C. A. M; ROGATTO, G. P; ELIETE LUCIANO, E. Efeitos do treinamento físico de alta intensidade sobre os leucócitos de ratos diabéticos. Rev Bras Med Esporte, v. 8, n. 6, nov/dez, 2002.

Oliveira, Lílian M.G. Bahia. Imunologia. v. 1 / Lílian M. G. Bahia Oliveira; Milton M. Kanashiro. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2010.

PARHAM, P. O Sistema Imune. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.

Payan DG, McGillis JP, Goetz EJ. Neuroimmunology. Adv Immunol 1986

Peake JM, Suzuki K, Hordern M, Wilson G, Nosaka K, Coombes JS. Plasma cytokine changes in relation to exercise intensity and muscle damage. Eur J Appl Physiol 2005.

PEAKMAN, M; VERGANI, D. Imunologia Básica e Clínica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.

Pedersen BK, Helle Bruunsgaard H. How physical exercise influences the establishment of infections. Sports Med 1995

Pedersen BK, Hoffman-Goetz L. Exercise and the immune system: Regulation integration and adaption. Physiol Reviews 2000.

Pedersen BK. Influence of physical activity on the cellular immune system: mechanisms of action. *Int J Sports Med* 1991

Pollock ML, Gaesser GA, Butcher JD, Després J-P, Dishman RK, Franklin BA, et al.

ACSM Position Stand: The Recommended Quantity And Quality Of Exercise For Developing And Maintaining Cardiorespiratory And Muscular Fitness, And Flexibility In Healthy Adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998

Pollock ML, Wilmore JH. Exercício na saúde e na doença. Rio de Janeiro: Medsi; 1993.

POWERS, S. K; HONWLEY, E.T. Fisiología do Exercício – Teoria e Aplicação ao Condicionamento e ao Desempenho. 3. ed. São Paulo:

Prieto A, Pérez A, Reyes E, Alvarez-Mon M. Moléculas coestimuladoras, tanto solubles como de membrana implicadas en la presentación antigenica y en la respuesta inmune. *Medicine* 1997

Prieto A, Reyes E, Sanz E, Alvarez-Mon M. Activación de las subpoblaciones de linfocitos a sus funciones efectoras. *Medicine* 1997

Reighlin S. Neuroendocrine-immune interactions. *N Engl J Med* 1993

Rice AJ, Scroop GC, Thornton AT, McNaughton NS, Rogers KJ, Chapman MJ, Greville HW, Scicchitano R, Gore CJ. Arterial hypoxaemia in endurance athletes is greater during running than cycling. *Respir Physiol* 2000

RODRIGUES, V. D. Efeitos agudos e crônicos do treinamento resistido nos níveis de cortisol, leucócitos totais e linfócitos totais em um paciente portador de HIV/AIDS. 63p. Monografia (Graduação em Educação Física) - Curso de

Bacharelado e Licenciatura em Educação Física da Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES, 2006.

Romagnani S. Type 1 T helper and type 2 T helper cells: functions, regulation and role in protection and disease. *Int J Clin Lab Res* 1991

Rosa LF, Vaisberg MW. Influências do exercício na reposta imune. *Rev Bras Med Esporte* 2002

Ross R, Janssen I, Dawson J, Kungl AM, Kuk JJ, Wong SL, Nguyen-Duy TB, Lee S, Kilpatrick K, Hudson R. Exercise-induced reduction in obesity and insulin resistance in women: a randomized controlled trial. *Obes Res* 2004.

Ross R, Pedwell H, Rissanen J. Effects of energy restriction and exercise on skeletal muscle and adipose tissue in women as measured by magnetic resonance imaging. *Am J Clin Nutr* 1995

Ross R, Rissanen J, Pedwell H, Clifford J, Shragge P. Influence of diet and exercise on skeletal and visceral adipose tissue in men. *J Appl Physiol* 1996

Sancho L, De La Hera A, Nogales A, Martínez C, Alvarez-Mon M. Induction of NK activity in newborns. *N Engl J Med* 1986

Selye H. Stress in health. Boston: Butterworth Inc., 1976.

SHARNEY, B. J. Condição Física e Saúde. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

Shephard RJ, Rhind S, Pang N. Exercise and the immune system. Natural killer cells. Interleukins and related responses. *Sports Med* 1994

Shinkai S, Shore S, Shek PN, Shephard RJ. Acute exercise and immune function. Relationship between lymphocyte activity

and changes in subset counts. Int J Sports Med 1992

Sigal LH, Ron Y. Immunology and inflammation. Basic mechanisms and clinical consequences. New York: McGraw-Hill, 1994.

Snyder BK, Sigal LH. Nutrition and immunity. In: Sigal LH, Ron Y, editors. Immunology and inflammation. Basic mechanisms and clinical consequences. New York: McGraw-Hill, 1994

Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. J Am Coll Cardiol 2001.

Van Aggel-Leijssen DPC, Saris WHM, Wagenmakers AJM, Senden JM, Van Baak MA. Effect of exercise training at different intensities on fat metabolism of obese men. J Appl Physiol 2002.

Vilcek J, Feldman M. Historical review: cytokines as therapeutic and targets of therapeutics. Trends Pharmacol Sci 2004

Walsh NP, Gleeson M, Pyne DB, Nieman DC, Dhabhar FS, Shephard RJ, et al. Position Statement Part two: Maintaining immune health. Exerc Immunol Rev 2011

Watson RR, Eisinger M. Exercise and disease. Boca Raton: CRC, 1992.

WILMORE, J. H; COSTIL, D. L. Fisiologia do Esporte e do Exercício. 2 ed. São Paulo: Manole, 2001.



Rua Engº. Herbert, 135 - Rodoviários - Caratinga - MG  
(33) 3062-9299 | 0800-590-1234



NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO

# Musculação Clínica

**Curso de Pós-Graduação**  
Coordenação Pedagógica - IBRA

# Sumário

<b>1. Musculação sua Historia e Efeitos Fisiológicos dos Exercícios</b>	<b>6</b>
<b>A Importância da Prática da Musculação</b>	<b>11</b>
<b>2. Bases Fisiológicas do Exercício e seus Efeitos</b>	<b>16</b>
<b>Classificação dos exercícios</b>	<b>18</b>
<b>Efeitos nas articulações</b>	<b>19</b>
<b>Efeitos no tecido adiposo</b>	<b>20</b>
<b>Efeitos endocrinológicos</b>	<b>21</b>
<b>Adaptações cardiovasculares</b>	<b>22</b>
<b>Efeitos metabólicos e qualidade de vida</b>	<b>22</b>
<b>Bases do Treinamento dos Exercícios, Seus Efeitos e Adaptações</b>	<b>23</b>
<b>Adaptações Do Músculo Esquelético</b>	<b>25</b>
<b>Força</b>	<b>26</b>
<b>Potência</b>	<b>27</b>
<b>Resistência</b>	<b>27</b>
<b>Elasticidade</b>	<b>27</b>
<b>Coordenação neuromuscular</b>	<b>28</b>
<b>3. A Musculação Atuando na Obtenção da Qualidade de Vida</b>	<b>30</b>
<b>Musculação Recreativa Auxiliando na Obtenção de Qualidade de Vida</b>	<b>32</b>
<b>A Musculação Estética e seus Benefícios</b>	<b>34</b>
<b>Aumento da Massa Corporal Metabolicamente Ativa</b>	<b>34</b>
<b>Melhoria da auto-imagem</b>	<b>35</b>
<b>Musculação Auxiliando as Populações Especiais</b>	<b>35</b>
<b>Musculação e Aterosclerose</b>	<b>35</b>
<b>Musculação e hipertensão arterial</b>	<b>36</b>
<b>Musculação e obesidade</b>	<b>37</b>
<b>Musculação e diabetes mellitus</b>	<b>37</b>
<b>Musculação e osteoporose</b>	<b>38</b>

# Sumário

<b>4. Musculação, Saúde e Longevidade</b>	<b>40</b>
Influência da Musculação na Prevenção da Obesidade	43
<b>5. Como Emagrecemos</b>	<b>49</b>
Atividades Anaeróbias	51
Atividades Aeróbias	51
<b>6. Lesão Muscular – Fisiopatologia, Diagnóstico, Tratamento e Apresentação Clínica</b>	<b>56</b>
Anatomia e biomecânica	56
Mecanismos de lesão	57
Classificação	57
Fisiopatologia	58
Diagnóstico	60
Exames complementares	60
Tratamento	61
Fase aguda	61
Medicação	62
Tratamento pós-fase aguda	62
Ultrassom	63
Tratamento cirúrgico	63
Novas perspectivas	64
Apresentação Clínica	65
Lesão dos Músculos Isquio-tibiais	66
Lesão da Musculatura Adutora	66
Lesão dos Músculos Gastrocnêmios	67
<b>7. Motivos de Aderência e Permanência em Programas de Musculação</b>	<b>70</b>
História e Evolução da Musculação	71
A Prática do Exercício Físico e a Sociedade Moderna	75
Benefícios Adquiridos Com A Aderência em Programas de Musculação	79

# Sumário

<b>Como meio de recreação e estético</b>	<b>81</b>
	<b>81</b>
<b>Histórico do Método “Sts – <i>Strength Training Strategies</i>” de Musculação Terapêutica</b>	<b>82</b>
<b>Em Quem Pode ser Aplicado?</b>	<b>83</b>
<b>Quem Pode Aplicá-Lo?</b>	<b>83</b>
<b>Como Ele é Aplicado?</b>	<b>84</b>
<b>Fundamentos</b>	<b>84</b>
<b>Movimentos Funcionais</b>	<b>84</b>
<b>A unidade de coordenação braço</b>	<b>87</b>
<b>Unidades Transicionais E Unidades De Enrolamento</b>	<b>89</b>
<b>8. Referências Bibliográficas</b>	<b>92</b>



GRUPO EDUCACIONAL  
**IBRA**

## 1. Musculação sua História e Efeitos Fisiológicos dos Exercícios



As tendências da sociedade moderna e a evolução tecnológica proporcionam mais conforto e comodidades para o ser humano. A tecnologia facilita o dia-a-dia, porém diminui as exigências do movimento corporal. Esta diminuição de atividade física traz consigo o aumento do stress e do sedentarismo, principais inimigos de uma boa qualidade de vida (COBRA, 2003).

Segundo Santarém (2000), entende-se por boa qualidade de vida a capacidade de conseguir realizar as atividades desejadas, do

ponto de vista homeostático e biomecânico, sem riscos para o perfeito funcionamento do organismo humano. O desenvolvimento de novos hábitos, com uma ênfase maior na prática de atividades físicas é um passo fundamental para a melhoria generalizada da saúde orgânica e, consequentemente, da qualidade de vida. Assim sendo, exercícios diversos tais como a caminhada, corrida, ciclismo, natação, hidroginástica, musculação, entre outros, cada vez mais ganham a adesão de uma população que busca o desenvolvimento do

bem estar e da saúde física e mental.

Entre as atividades acima citadas a musculação recebe atualmente um destaque todo especial, principalmente em decorrência da evolução científica que apresentou nas últimas décadas com a publicação de pesquisas e artigos sobre seus benefícios e segurança na prática (PONTES, 2003). Como a prática regular da musculação pode favorecer o desenvolvimento de adaptações fisiológicas que garantam ao praticante o pleno bem estar físico, mental e social, permitindo-o desempenhar suas atividades diárias com um máximo aproveitamento e eficiência, sem colocar em risco a integridade física do organismo. Trata-se analisar como a prática regular da musculação pode favorecer o desenvolvimento de adaptações fisiológicas que garantam ao praticante o pleno bem estar físico, mental e social, permitindo-o desempenhar suas atividades diárias com um máximo aproveitamento e eficiência, sem colocar em risco a integridade física do organismo. Para atingir tal objetivo, iremos dar ênfase nos benefícios proporcionados por este exercício físico quando realizado de forma correta, organizado de um modo que o praticante sinta prazer

no que está fazendo, adotando-o como um hábito de vida.

A história da musculação é muito antiga, existem relatos históricos que datam do início dos tempos e que afirmam a prática da ginástica com pesos. Escavações encontraram pedras com entalhes para as mãos permitindo aos historiadores intuir que pessoas utilizavam o treinamento com pesos. Temos esculturas datadas de 400 anos antes de Cristo que relatam formas harmoniosas de mulheres, mostrando preocupação estética na época. Relatos de jogos de arremessos de pedras datam de 1896 a.C. (BITTENCOURT, 1986).

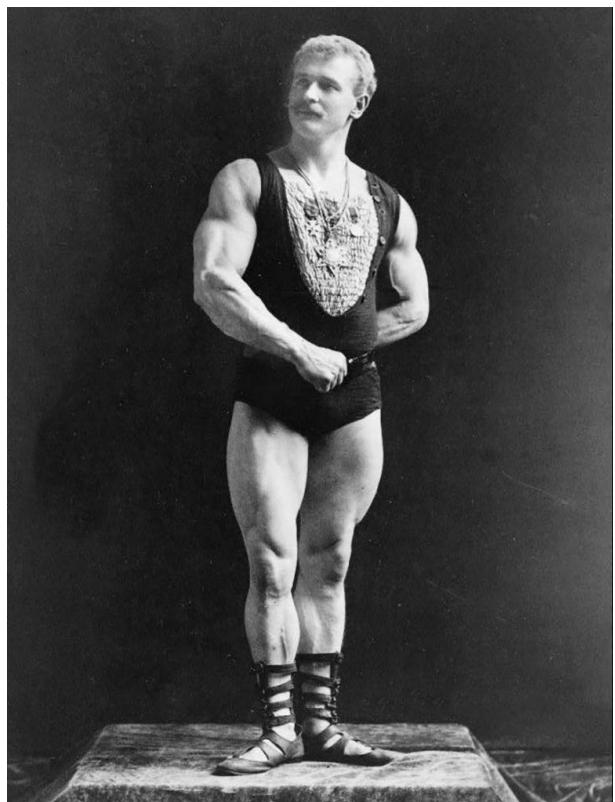
Paredes de capelas funerárias do Egito relatam há 4.500 anos atrás homens levantando pesos na forma de exercícios. Há a história de Milos de Crotone da época de 500 a 580 a.C. na Itália, atleta olímpico de luta e discípulo do matemático Pitágoras, que relata os métodos de treinamento mais antigos da humanidade e utilizado até hoje, que é a evolução progressiva da carga, pois ele (Milos) corria com um bezerro nas costas, para aumentar a forças dos membros inferiores, e quanto mais pesado o bezerro ficava, mais sua força aumentava. Os relatos mostram que Milos foi um dos primeiros a se preocupar com a suplementação alimentar. Relatos

afirmam que ele comia por dia 9 kg de carne, 9 kg de pão e 10 litros de vinho - gerando um total de 57 mil kcal. Também era capaz de matar um boi com as mãos e comê-lo sozinho. O nome da cidade de Milão é em sua homenagem. Morreu devorado por lobos, pois ficou preso ao dar um golpe em uma árvore (BITTENCOURT, 1986). Diversos são os relatos históricos de estatuetas de corpos musculosos que encontramos no passado.

A musculação como forma de competição onde se exibia os músculos tem como dado oficial o registro da primeira competição em 1901 em Londres. Possivelmente tenham existidos outros campeonatos, mas este é o que parece que deu início oficial ao esporte. Esta competição foi intitulada: "O Físico mais Fabuloso do Mundo" e foi idealizada e realizado por Eugene Sandow e contou com 156 atletas. O vencedor foi Willian Murray, que mais tarde se tornou ator, cantor e músico, tendo criado números artísticos com atletas que imitavam gladiadores, junto com estes eventos criou campeonatos de Musculação na Inglaterra (BITTENCOURT, 1986).

Os jurados: Charles Lawes, um notável escultor da época, Arthur Conan Doyle, o famoso escritor de "Sherlock Holmes" e o próprio

Eugene Sandow. O curioso é que o prêmio para este campeonato que escolheu na época o físico mais fabuloso do mundo, foi uma estátua de Eugene Sandow segurando uma barra com pesos de bola, a mesma que é usada até hoje para premiar o físico mais fabuloso de mundo que é o Mr. Olympia. A estatueta foi idealizada pelo escultor F. W. Pomeroy em 1891. O evento foi realizado no Royal Albert Hall, de Londres e o interesse foi tão grande que milhares de pessoas se amontoaram na porta de entrada, sendo que foi registrado 15.000 pessoas nas finais (BITTENCOURT, 1986).



Por tudo isso Eugene Sandow

é considerado o pai da Musculação como forma de competição onde se tem por objetivo vencer quem tem os melhores músculos. Eugene Sandow nascido na Alemanha em 1867 se converteu em um ídolo do esporte e por 30 anos foi considerado o melhor físico do mundo, se convertendo em um ídolo de muitas décadas antes de Steve Reeves, Arnold, Dorian e Coleman. Antes que ele iniciasse exibições de força em Londres, as pessoas acreditavam que um homem forte era o cruzamento de um elefante com um gorila. Mas este fenômeno loiro, de olhos azuis, atlético era conhecido como "o aristocrata dos músculos". Aos 16 anos já aparecava um físico bem desenvolvido, que mostrava que tinha um potencial genético favorável (BITTENCOURT, 1986).

Trabalhou em circo com a intenção de correr o mundo, e com isso adquiriu ali a base para um grande desenvolvimento muscular. Porém o circo em que trabalhava foi a falência em Bruxelas e ele se viu sem emprego. Conheceu ali o professor Attila, um homem forte da época, que fazia números profissionais de exibição de força e que viu em Sandow um grande potencial para coisa e o início de um grande atleta. Attila o tomou como pupilo e o ensinou a trinar com

pesos e a posar. Passaram então a se exibir em várias cidades com números de força e com isso ganhando algum dinheiro. Em 1889 se separaram, mas mantendo contato. Sandow foi rodar a Europa, sem destino certo terminando em Veneza. Em Veneza um artista americano chamado Aubrey Hunt surpreendeu Sandow banhando-se em um lago. Resolveu pintá-lo em um lenço. Esta peça hoje se encontra na coleção particular de Joe Weider (BITTENCOURT, 1986).

Sandow então passou a ser desafiado para provas de força. Voltando para Londres resolveu encarar um desafio que era lançado por dois homens fortes da época e que pagavam 500 libras esterlinas quem conseguisse superá-los. Até Sandow aparecer ninguém tinha conseguido, ele então facilmente venceu o desafio e a partir daí começaram exibições por toda Inglaterra. Por quatro anos Sandow percorreu a Inglaterra com exibições de força e poses. Até que em 1893 um empresário americano o convenceu que fosse para os EUA. No EUA ele não se deu muito bem. Mas em uma exibição na Alemanha, conheceu o mais célebre empresário de espetáculos de todos os tempos Ziegfeld, que percebeu que Sandow era uma figura, muito admirada pelas mulheres. Ele o levou para a

Exposição Mundial comemorativa do Descobrimento da América, em Chicago. Alugou um teatro e preparou uma aparição diferente do habitual que eram apresentações de musculosos com peles de leopardo. Quando todos menos esperavam entra Eugene Sandow com uma simples sunga. As mulheres foram à loucura (BITTENCOURT, 1986).

O êxito foi fantástico e com isso rodaram Canadá e EUA. Em São Francisco Eugene lutou e venceu um leão (previamente drogado e desdentado). Fazia Shows particulares para mulheres, shows de levantamento de pesos que até hoje não foram superados, porém depois de alguns anos fazendo isso sem descanso entrou em colapso nervoso. Regressou a Inglaterra onde casou com uma garota muito bela chamada Blanche Brrokes (BITTENCOURT, 1986).

Recuperou-se fisicamente e mentalmente, e a partir daí se dedicou a abrir ginásios de cultura física, reformular os hábitos alimentares das pessoas. Abriu com êxito escolas de cultura física por toda Inglaterra. Iniciou uma revista em 1898 - "Sandow Magazine", publicou vários livros inclusive uma obra que deu nome ao esporte internacionalmente: "Bodybuilding, or Man in the Making". Inventou aparelhos, aperfeiçoou antigos,

criou cursos de ginástica por correspondência que foram verdadeiros marcos na Cultura Física, foi um dos primeiros defensores do ensino da Educação Física em colégios e escolas, desenvolveu exercícios para reduzir as dores do parto, pediu a empresários que deixassem que os assalariados fizessem um pouco de ginástica por dia, o que talvez sugere que ele seja também o criador da ginástica laboral. Foi talvez o primeiro personal trainer da história, pois era professor particular dos reis Eduardo VII e George V, da Inglaterra (BITTENCOURT, 1986).

Foi um benfeitor da Humanidade no que tange o aspecto do treinamento com pesos, da cultura física, do exercício, da educação física. Não era santo, sentia uma fraqueza por mulheres que também o assediavam. Isso causou muitos problemas com sua mulher. Morreu em 1925, dito que morreu tentando tirar o carro que caiu em um buraco após ter derrapado na estrada. Com o esforço teve uma hemorragia cerebral, provavelmente não só do esforço, mas também da queda e batida do carro. Foi enterrado como indigente, devido a problemas com a mulher, no cemitério londrino de Putney Vale (BITTENCOURT, 1986).

O homem que foi intitulado pelo rei George da Inglaterra como: "Professor da Ciência da Cultura Física de sua Majestade", hoje está imortalizado pela homenagem de Joe Weider que escolheu sua imagem, seu troféu (ele mesmo) como prêmio para o maior evento do Mundo Na Musculação que é o Mr. Olympia. Assim com certeza devem ser respeitados e perpetuados um dos grandes, dos maiores homens de todos os tempos na Musculação Eugene Sandow (BITTENCOURT, 1986).

### A Importância da Prática da Musculação



A musculação quando sobre supervisão adequada, representa uma excelente opção para a manutenção da saúde e melhoria da qualidade de vida, pois qualquer indivíduo pode se beneficiar da mesma, desde que o protocolo seja ajustado a sua realidade e objetivos. A musculação apresenta benefícios

como:

- **Manutenção e Aumento do Metabolismo:** decorrente do aumento de massa muscular, pois a mesma é responsável pela maior parte do metabolismo orgânico (COUTINHO, 2001).
- **Diminuição da perda de Massa Muscular:** efeito este de grande utilidade aos idosos, pois no processo de envelhecimento há uma diminuição progressiva da Massa Muscular (COUTINHO, 2001).
- **Redução da Gordura Corporal:** devido ao aumento do gasto energético e da consequente queima de calorias, ocorre uma diminuição das reservas de gordura corporal (FOX, 2000).
- **Diminuição das Dores Lombares:** com um programa adequado de alongamento e fortalecimento da musculatura lombar ocorre uma significante queda no desconforto lombar (VIEIRA, 1996).
- **Melhora do sono:** Quem se exercita dorme com mais facilidade e aproveita melhor o sono, um programa de exercícios leves (como caminhar de 30 a 40 minutos por dia ou praticar ginástica aeróbica de baixo impacto quatro vezes por semana), comprovadamente melhora a qualidade e duração do sono e ajuda o praticante a adormecer.

cer com mais facilidade. O efeito dos exercícios no sono é explicado pelo maior relaxamento muscular e a redução da tensão nervosa decorrentes da atividade física. (VIEIRA, 1996).

- **Minimização da Ansiedade e da depressão Deprimidos:** podem encontrar melhora na prática de exercícios. Indivíduos com tendência a ansiedade e depressão são beneficiados pela liberação de substâncias calmantes e relaxantes durante os exercícios. As endorfinas, aumentadas no organismo de quem pratica musculação, por exemplo, ajudam muito na diminuição da hiperatividade (PONTES, 2003).
- **Prevenção de doenças cardíacas:** Segundo Funchal (2004), correr (com a devida orientação) pode ser um bom remédio para o seu coração. Homens que se exercitam regularmente têm menor risco de sofrerem problemas cardíacos. Mulheres que caminham o equivalente a três ou mais horas diárias também apresentam, de uma maneira geral, 35% menos chance de sofrer um acidente vascular ou cardíaco. Exercitar-se proporciona um aumento considerável na oxigenação do organismo (e consequentemente do músculo cardíaco)

além de criar novos vasos sanguíneos, facilitando a circulação cardíaca e diminuindo o risco de entupimentos.

- **Controle de diabetes:** Fatores de risco para o desenvolvimento de diabete, como obesidade, podem ser reduzidos com a prática de exercícios. Exercitar-se ajuda a diminuir as taxas de açúcar no sangue e também
- **Aumenta a absorção celular de insulina:** (hormônio responsável pela quebra de carboidratos durante o metabolismo celular). Mesmo em pessoas com histórico favorável a diabetes (obesas, com pressão alta ou com casos da doença na família), há redução dos riscos. Estudos comprovam que mulheres que caminham pelo menos três horas por semana reduzem em 40% o risco de desenvolver qualquer tipo de diabete (NAHAS, 2001).
- **Diminuição de riscos de quedas e fraturas:** Aumento da densidade dos ossos diminui risco de fraturas em quem se exercita. Mulheres com idade avançada e que praticam um exercício freqüente sofrem menos problemas relacionados a quedas e fraturas. Atividades físicas que proporcionam o desenvolvimento de equilíbrio

- e força proporcionam um caminhar mais seguro e uma musculatura mais rígida e eficiente. De uma maneira geral, exercitar-se também amplia a velocidade de resposta e a agilidade, diminuindo o risco do praticante ser "pegado de surpresa" por um escorregão, por exemplo (VIEIRA, 1996).
- **Controle da pressão sanguínea:** Com o aumento da circulação e da quantidade de vasos sanguíneos, os exercícios físicos ajudam tanto no controle de pressão alta quanto baixa. Com um acompanhamento médico correto, atividades físicas de média ou baixa intensidade podem facilitar a manutenção de uma pressão sanguínea média (FUNCHAL, 2004).
  - **Combate a osteoporose em mulheres:** Segundo Katch F., Katch V. e Mcardle (1998), Musculação é indicada para melhorar a qualidade de vida na pós-menopausa. Desenvolver uma atividade física (em especial aquelas direcionadas para o aumento de força, como musculação) ajuda a aumentar a densidade óssea. Na pós-menopausa, é comum para as mulheres terem problemas relacionados a perda de consistência dos ossos, fator que pode ser minimizado com uma composição óssea mais densa.
  - **Auto estima:** A prática regular de exercícios aumenta a confiança do indivíduo (PONTES, 2003).
  - **Colesterol:** Exercícios vigorosos e regulares aumentam os níveis de HDL (lipoproteína de alta densidade, o "bom colesterol") no sangue, fator associado à redução dos riscos de doenças cardíacas e reduz níveis de LDL (mau colesterol) (FOX, 2000).
  - **Depressão:** Pessoas com depressão branda ou moderada, que praticam exercícios de 15 a 30 minutos em dia alternados, experimentam uma variação positiva do humor já após a terceira semana de atividade (PONTES, 2003).
  - **Doenças Crônicas:** Os sedentários são duas vezes mais propensos a desenvolver doenças cardíacas e respiratórias. A atividade física regula a taxa de açúcar no sangue, reduzindo o risco de diabetes (COBRA, 2003).
  - **Envelhecimento:** Ao fortalecer os músculos e o coração, e ao amenizar o declínio das habilidades físicas, os exercícios podem ajudar a manter a independência física e a habilidade para o trabalho, retardando o processo de envelhecimento e dependência (VIEIRA, 1996).
  - **Ossos:** Exercícios regulares

com sobrecargas adequadas são acessórios fundamentais na construção e manutenção da massa óssea. O treinamento com pesos, leva a uma mineralização na matriz óssea.

- **Sono:** Quem se exercita tem sono com mais facilidade, dorme profundamente e acorda restabelecido (VIEIRA, 1996).
- **Stress e Ansiedade:** A atividade física libera os hormônios acumulados durante os momentos de stress. Também funciona como uma espécie de tranquilizante natural, depois do exercício a pessoa experimenta uma sensação de serenidade (GUYTON, 1988).
- **Saúde cardiovascular:** O trabalho de musculação ativa o sistema cardiovascular na tentativa de aumentar a oxigenação dos músculos durante os exercícios. Com esse estímulo, o coração e os vasos sanguíneos desenvolvem a capacidade de manter a contratilidade do miocárdio (FUNCHAL, 2004).
- **Diabetes:** Exercícios habituais diminuem a resistência à insulina nas células (FOX, 2000).
- **Estética:** Homens e mulheres sempre buscam a estética corporal a fim de se conseguir uma harmonia corporal buscando o "belo"

(GUEDES, 2003).

- **Profilática ou Terapêutica:** A musculação pode ser utilizada na recuperação de lesões musculares e na correção de desvios posturais (NAHAS, 2001).
- **Recreativa:** Podemos utilizar a musculação como uma atividade recreativa na quebra de tensões, como lazer ou ainda como higiene psicossomática (NAHAS, 2001).

2



## 2. Bases Fisiológicas do Exercício e seus Efeitos



Segundo Santarém (2000), exercícios físicos são parte integrante da prática e preparação esportiva, e podem ser utilizados em medicina com diversas finalidades. Os principais objetivos da prescrição de exercícios são a profilaxia, tratamento e reabilitação de doenças e deformidades, promoção de aptidão para as atividades da vida diária, o trabalho, o lazer e para o esporte, além de estímulo à estética corporal e ao bem-estar psicológico. Esses efeitos decorrem de adaptações morfológicas e funcionais induzidas pela atividade física em

geral. Alguns parâmetros de aptidão e saúde apresentam incremento em seus valores de medida em função da atividade física, entre eles a massa óssea, massa muscular, taxa metabólica, gasto calórico, hormônios anabólicos, força, potência, resistência, flexibilidade, coordenação, VO<sub>2</sub> máximo, limiar anaeróbico, sensibilidade à insulina, HDL colesterol e níveis de endorfinas. Outros parâmetros apresentam redução de valores: massa adiposa, sensibilidade adrenérgica, LDL e VLDL colesterol, triglicerídeos e níveis de cortisol.

- **Estímulo à saúde:** Todos os médicos e profissionais da saúde devem estar atualizados nas relações dos exercícios com a saúde, para que não sejam perdidas oportunidades de bem orientar as pessoas. Estudos epidemiológicos evidenciaram que as populações fisicamente ativas têm menor incidência de muitas doenças e situações patogênicas, entre elas a hipertensão arterial, a obesidade, o diabetes mellitus, a dislipidemia, a osteoporose, a sarcopenia, e também ansiedade e depressão. Consequentemente, diminui a ocorrência de aterosclerose e suas consequências: doença coronariana, doença cérebro-vascular e doença vascular periférica. Também diminui o confinamento no leito devido a fraturas ósseas e incapacidade física grave, reduzindo-se a mortalidade por infecções pulmonares e tromboembolismo.

Um aspecto importante é que os estudos epidemiológicos não evidenciaram superioridade de nenhuma forma de atividade física sobre outras, no que diz respeito à promoção de saúde. Em publicação conjunta com o Centers for Disease Control and Prevention dos Estados Unidos da América, o American College of Sports Medicine

reconheceu em 1995 que as suas próprias recomendações para promoção de saúde, anteriores a essa data, estavam incorretas. A entidade divulgava até então, que os exercícios aeróbios que aumentam o  $\text{VO}_2$  máximo eram preferenciais para estimular a saúde. Atualmente consensos internacionais reconhecem que o estímulo à saúde ocorre também com atividades anaeróbias e interrompidas, que não aumentam o  $\text{VO}_2$  máximo.

Talvez os estudos não tenham tido a sensibilidade necessária para esclarecer essa questão, mas o fato concreto é que atualmente não é possível afirmar que alguma atividade física seja mais saudável do que outras, a não ser que se considerem os riscos de lesões músculo esqueléticas e de intercorrências cardiovasculares. Por essa razão, as campanhas de saúde pública não enfatizam a necessidade de uma forma particular de atividade física, mas a importância de um estilo de vida não sedentário. Entende-se por atividade física a contração muscular de qualquer tipo, que pode ou não levar ao movimento, independente da finalidade: postura, trabalho, locomoção, esporte e lazer. Desde que o gasto calórico seja superior à média diária de aproximadamente 200 Kcal,

haverá redução na incidência de doenças.

Exercício é conceituado como forma especial de atividade física, planejada, sistematizada, progressiva e adaptada ao indivíduo, sempre com o objetivo de estimular uma ou várias adaptações morfológicas ou funcionais. Outro aspecto relevante é que os efeitos deletérios à saúde produzidos pelo sedentarismo são lentamente progressivos. Pessoas jovens sedentárias não se apercebem dos problemas, que são bastante evidentes nas pessoas mais idosas. Esse fato justifica a atitude médica de estimular a atividade física em todas as faixas etárias. Também é importante notar que a motivação para a atividade física pode mudar com a faixa etária, mas isto não afeta o efeito promotor de saúde. Exemplificando, uma pessoa jovem pode ter como primeira motivação para exercícios a estética corporal ou o lazer, mas os efeitos salutares estarão sempre presentes (Santarém, 2000).

### Classificação dos exercícios

Segundo Santarém(2000), embora não exista consenso de nomenclatura, alguns dos critérios utilizados para classificar os

exercícios são o tipo de contração muscular (isotônicos ou isométricos), deslocamento do corpo (dinâmicos ou estáticos), continuidade do esforço (contínuos ou intervalados), fonte energética (aeróbios ou anaeróbios), ou ainda de acordo com a intensidade dos esforços (suaves ou intensos).



- **Isotônicos:** apresentam alternância de contrações concêntricas e excêntricas;
- **Isométricos:** utilizam contrações estáticas (isométricas);
- **Dinâmicos:** apresentam deslocamento do corpo no espaço;
- **Estáticos:** são realizados sem deslocamento do corpo;
- **Contínuos:** são interrompidos apenas no final da sessão;
- **Intervalados:** apresentam

- várias interrupções para descanso durante a sessão esforço esforço;
- **Aeróbios:** a produção energética é quase que exclusivamente aeróbia;
- **Anaeróbios:** grande parte da energia é produzida anaerobiamente;
- **Suaves:** produzem pouca energia na unidade de tempo, sem grande;
- **Intensos:** produzem muita energia na unidade de tempo, com grande.

Do ponto de vista médico, a classificação mais importante é a considera a intensidade dos esforços. Quanto mais intensa a atividade, maior a necessidade de aptidão e saúde, sendo maiores os riscos de lesões músculo esqueléticas e intercorrências cardiovasculares. Intensidade é a expressão biológica da potência, ou seja, além da energia produzida na unidade de tempo, é considerado o grau de esforço necessário para a realização da tarefa. Assim sendo, uma mesma tarefa pode ser de baixa intensidade para uma pessoa bem condicionada, e de alta intensidade para outra pessoa com baixos níveis de aptidão. Pessoas debilitadas, descondicionadas ou doentes devem realizar apenas exercícios suaves, quaisquer que sejam as outras classificações da atividade. No

entanto, a noção de que exercícios suaves são sempre isotônicos e aeróbios não é correta. Exercícios isométricos podem ser suaves, como é o caso de contrações musculares em um membro immobilizado por aparelho gessado. Exercícios anaeróbios podem ser suaves, como no caso de uma sessão de musculação com pesos sub-máximos. Por outro lado, exercícios isotônicos e aeróbios como, por exemplo, pedalar ou correr próximo do limiar anaeróbio são considerados intensos, promovem elevação considerável da freqüência cardíaca, e podem oferecer risco cardiovascular para pessoas com doença coronariana, às vezes sub-clínica (SANTARÉM, 2000).

### Efeitos nas articulações

Tal como ocorrem com os ossos, músculos e tendões, também as cartilagens e ligamentos recebem estímulos tróficos e de fortalecimento advindos da atividade física. Os exercícios com pesos são os mais eficientes para essa finalidade, devido às sobrecargas e amplitudes controladas, e à ausência de impacto. A concepção antiga de que o corpo humano é uma máquina que precisa ser preservada com o repouso merece reparos.

Uma máquina biológica é aprimorada pelo uso não excessivo, e se deteriora rapidamente com o desuso. Entende-se por uso não excessivo o controle adequado das sobrecargas da atividade física. As amplitudes articulares aumentam sempre que os pontos limites do movimento são forçados. Os exercícios com pesos e os de alongamento aumentam as amplitudes articulares das pessoas com limitações dos movimentos, seja por sedentarismo prolongado ou por retrações capsulares devidas às imobilizações. Quando a pessoa já apresenta boa amplitude de movimentos, os exercícios com pesos são ineficientes para aumentar ainda mais a flexibilidade, isto sendo possível apenas com os exercícios específicos. Os exercícios aeróbios têm pouco efeito na flexibilidade (SANTARÉM, 2000).

### Efeitos no tecido adiposo

Segundo Melby (1999), a redução do tecido adiposo costuma ser um objetivo freqüente dos programas de condicionamento físico por razões de saúde, estética ou desempenho esportivo. Para entendermos o processo de emagrecimento é importante conceituar que uma das funções do tecido adiposo é a de reserva

energética. Calorias ingeridas e não utilizadas ficam armazenadas como gordura. A única maneira de diminuir a quantidade de tecido adiposo é ingerir menos calorias do que as necessárias, para que as reservas energéticas sejam mobilizadas. Na maioria das vezes, as calorias necessárias para manter a vida, ou seja, para o metabolismo basal, corresponde a mais de 70 % do nosso gasto calórico diário. Mesmo os atletas costumam ter a taxa metabólica basal próxima desses níveis.

Qualquer atividade física contribui para o emagrecimento por gastar calorias. Exercícios com pesos e exercícios aeróbios não têm um gasto calórico muito diferente. Os exercícios com pesos gastam mais calorias na unidade de tempo, mas são interrompidos durante a sessão, e no descanso entre as séries não se gastam calorias com atividade. Os aeróbios gastam menos calorias na unidade de tempo, mas são contínuos, sem interrupção. Após uma hora, por exemplo, ambos gastaram mais ou menos a mesma quantidade de calorias. Para o gasto calórico, mais importante do que o tipo de exercício é a condição física do praticante (MELBY, 1999).

Pessoas treinadas gastam muito mais calorias do que pessoas

descondicionadas, em qualquer tipo de exercício. Aspecto importante do emagrecimento é que a taxa metabólica basal pode ser aumentada com os exercícios, mas apenas se ocorrer aumento da massa muscular. Para esse efeito, os exercícios com pesos são os mais eficientes (MELBY, 1999). O fato de que apenas os exercícios aeróbios utilizam ácido graxo livre proveniente do tecido adiposo como substrato energético nada tem a haver com emagrecimento. Os exercícios anaeróbios, como por exemplo, os exercícios com pesos, que utilizam grandes quantidades de glicogênio e não mobilizam gordura durante a sua execução, emagrecem igual aos aeróbios. (MELBY, 1999). A explicação é que após os exercícios, todo o glicogênio gasto tem que ser reposto no músculo, e para tanto, é utilizado o carboidrato alimentar. Esse carboidrato, portanto não fornece calorias para o metabolismo basal, pois foi “desviado” para o músculo, e tudo se passa como se a pessoa não o tivesse ingerido. Assim sendo, as calorias que faltaram na alimentação para manter a vida, serão obtidas do tecido adiposo, em repouso (MELBY, 1999).

Caso a pessoa não restrinja a ingestão calórica, os exercícios serão menos eficientes ou inúteis para o

emagrecimento. Esses conceitos foram bem estabelecidos em revisões de literatura sobre obesidade e atualmente são consensuais (MELBY, 1999).

### Efeitos endocrinológicos



A atividade física afeta a produção hormonal de diferentes maneiras. Os exercícios aumentam os níveis de endorfinas e reduzem os de cortisol, contribuindo para o bem-estar psicológico. Os níveis de hormônios anabólicos como os esteróides sexuais, hormônio de crescimento e suas proteínas transportadoras também aumentam, principalmente com os exercícios resistidos. A sensibilidade adrenérgica dos vasos diminui, contribuindo para a redução da pressão arterial. A sensibilidade insulínica das células aumenta com qualquer atividade física, fazendo com que a pessoa viva com menores níveis de insulina, e assim evitando a falência do pâncreas por

sobrecarga crônica e consequente diabetes mellitus (FLECK, 1997).

### Adaptações cardiovasculares

Os exercícios aeróbios são os mais eficientes para induzir adaptações hemodinâmicas, como o aumento do volume sistólico e a redução da freqüência cardíaca de repouso. Ao conjunto dessas adaptações dá-se o nome de aptidão cardiovascular, o que não deve ser confundido com saúde cardiovascular (MCCARTNEY, 1993). Esta, depende em última análise da ausência de aterosclerose, cujas condições predisponentes (dislipidemia, hipertensão, obesidade e diabetes) são evitadas por qualquer tipo de atividade física. As adaptações cardiovasculares aos exercícios com pesos são devidas mais a uma sobrecarga de pressão do que a uma sobrecarga de volume sanguíneo. Basicamente se observa uma hipertrofia de parede ventricular e septal, sem aumento ou com pequeno aumento do volume das câmaras cardíacas. Alguns autores denominam essa hipertrofia como concêntrica o que não é aconselhável, pois pode haver confusão com a cardiopatia hipertensiva, que apresenta redução das câmaras. Na hipertensão arterial

crônica a cardiopatia evolui para a insuficiência e apresenta alta incidência de arritmia, parada cardíaca e infarto, sendo, portanto considerada patológica. As adaptações cardíacas aos exercícios, de qualquer tipo, são fisiológicas e não apresentam morbidade. Exercícios de alongamento não induzem adaptações cardíacas detectáveis (MCCARTNEY, 1993).

### Efeitos metabólicos e qualidade de vida

Segundo Nahas (2001), parâmetros de aptidão como a potência aeróbia, medida pelo  $\text{VO}_2$  máximo, e a capacidade aeróbia, medida pelo limiar anaeróbio, são mais eficientemente estimuladas pelos exercícios aeróbios. Durante muito tempo o  $\text{VO}_2$  máximo foi considerado parâmetro de saúde, pela sua associação com menor incidência de doenças crônicas, mas hoje se admite que essa relação seja apenas associativa e não de causa e efeito. Pessoas melhoram a saúde quando fazem exercícios, e se os exercícios forem de um tipo que aumenta o  $\text{VO}_2$  máximo, podem ocorrer conclusões indevidas.

Os exercícios com pesos têm pouco efeito no  $\text{VO}_2$  máximo, mas estimulam bastante o limiar anaeróbio. Isto ocorre porque o

fortalecimento dos músculos permite que as tarefas sejam realizadas com menor número de fibras. Assim sendo, o nível de produção energética que se atinge com 30 % das fibras aumenta após o treinamento. O VO<sub>2</sub> máximo alto é uma necessidade para alguns atletas, mas na vida diária da maioria das pessoas o VO<sub>2</sub> não é utilizado no seu limite máximo. Ao contrário, o limiar anaeróbio tem nítida relação com qualidade de vida, pois as pessoas com baixo limiar fazem a maioria das tarefas laborativas anaerobiamente, portanto com fadiga e desconforto (NAHAS, 2001).

Do ponto de vista biomecânico, a qualidade de vida depende basicamente de força e de flexibilidade. Os exercícios com pesos estimulam ambas as qualidades, os de alongamento apenas a flexibilidade, e os aeróbios nenhuma delas em grau significativo. Graus máximos de flexibilidade são necessários apenas para alguns atletas, e as lesões articulares incidem mais nas pessoas mais flexíveis (NAHAS, 2001). A homeostase hemodinâmica nos esforços da vida diária e do trabalho físico, com pequenas elevações da freqüência cardíaca e da pressão arterial, depende basicamente da força muscular.

Pessoas fortes fazem as tarefas com menor número de fibras; isto significa menor intensidade de esforço; consequentemente, menores repercussões hemodinâmicas por mecanismos reflexos (NAHAS, 2001).

### **Bases do Treinamento dos Exercícios, Seus Efeitos e Adaptações**

Segundo Santarém (2000), para que ocorram as adaptações morfológicas e funcionais desejadas, é necessário que o organismo seja submetido com regularidade às sobrecargas bem dosadas e progressivas. Sobrecarga é uma situação de solicitação funcional acima dos níveis habituais de homeostase em repouso. Toda sobrecarga pode ser entendida como uma agressão ao organismo, que ativa mecanismos adaptativos para manter a homeostase agudamente, e para melhorar cronicamente a função solicitada. Para que as adaptações crônicas ocorram, é necessário um adequado período de recuperação após os exercícios (SANTARÉM, 2000). Períodos inadequados de recuperação prejudicam ou mesmo impedem as adaptações desejadas. Sobrecargas mal dosadas, agudas e crônicas, podem produzir lesões ou

deterioração funcional. Exemplificando, pesos não excessivos aplicados nas articulações por ocasião dos exercícios, quando seguidos por adequados períodos de recuperação, são tróficos para todas as estruturas músculo-esqueléticas. No entanto, o mesmo tipo de sobrecarga, produzida pela obesidade, produz efeitos deletérios pela sua cronicidade e ausência de recuperação (SANTARÉM, 2000).

O aumento da pressão arterial durante os exercícios, quando bem dosados, leva ao aprimoramento morfológico e funcional do miocárdio, enquanto que a hipertensão arterial crônica produz alterações patológicas no coração e deterioração progressiva da função cardíaca (SANTARÉM, 2000). Assim sendo, a simples identificação de uma sobrecarga não significa que a integridade do organismo esteja em risco. Não ocorrendo excessos de intensidade e volume da sobrecarga, adaptações benéficas são esperadas. A intensidade faz referência ao grau da sobrecarga, e o volume, à quantidade de estímulo. Constituintes do volume de treinamento são a duração e a freqüência das sessões de exercícios. O treinamento de base para atletas e esportistas costuma utilizar três tipos de exercícios: com pesos, também conhecidos como resistidos

ou contra-resistência; para força, potência e resistência muscular; aeróbios, para condição aeróbia; e de alongamento, para a flexibilidade (SANTARÉM, 2000).

Dependendo da modalidade do praticante, pode mudar a ênfase dada a alguns desses exercícios, e ocorrem complementações específicas. Essa abordagem do treinamento costuma ser também aplicada para objetivos não esportivos dos exercícios e, por essa razão, faremos referência aos efeitos diferenciados desses exercícios nos tópicos seguintes. Os exercícios com pesos receberão considerações especiais devido à sua crescente utilização nos esportes e na medicina (SANTARÉM, 2000). A adaptação básica do tecido ósseo aos exercícios é o aumento de sua massa: maior quantidade de matriz protéica bem calcificada. Esse efeito é estimulado pela sobrecarga gravitacional, que vem a ser a aplicação de forças compressivas sobre o esqueleto. Muitos exercícios produzem apenas forças de tração sobre os ossos e apesar de contrações musculares vigorosas, o efeito na massa óssea é pequeno. O exemplo clássico desses exercícios é a natação (SANTARÉM, 2000). Na hidroginástica ocorre algum estímulo para massa óssea porque a pessoa não flutua na água, como na

natação. Exercícios terrestres são mais eficientes para estimular a massa óssea (SANTARÉM, 2000).

### **Efeito no tecido ósseo**



Segundo Katch F., Katch V. e Mcardle (1998) a sobrecarga gravitacional nos exercícios pode ocorrer pelo aumento do peso suportado pelos ossos, como é o caso da maioria dos exercícios com pesos, ou pelo mecanismo do impacto. Por impacto entende-se a desaceleração rápida do corpo em movimento, como por exemplo, a ação do solo na corrida e nos saltos. O impacto tem o efeito desejável de estimular a massa óssea, mas também é um fator de lesão, podendo produzir fraturas agudas quando muito intenso, ou fraturas crônicas quando o volume do treino for excessivo (KATCH F.,1998). O impacto também é frequentemente responsabilizado por micro-lesões das cartilagens articulares. Os exercícios com pesos são os mais

eficientes para estimular a massa óssea e não apresentam o inconveniente do impacto. Exercícios de alongamento praticamente não têm efeito estimulante de massa óssea (KATCH F.,1998).

### **Adaptações Do Músculo Esquelético**

#### **Volume**

O volume dos músculos esqueléticos pode ser estimulado pelos exercícios devido às sobrecargas tensional e metabólica. Sempre que a contração muscular encontra uma resistência, ocorre tensão em todas as estruturas do músculo. Essa tensão aumentada estimula os mecanismos de hipertrofia, hiperplasia e proliferação conjuntiva (MONTEIRO, 1999). O metabolismo energético aumentando durante os exercícios caracteriza uma forma de sobrecarga metabólica, que estimula a hidratação e vascularização dos músculos. A hipertrofia é o mecanismo mais importante para explicar o aumento de volume dos músculos e consiste no acúmulo de proteína contrátil nas fibras, tanto brancas quanto vermelhas. A hiperplasia muscular consiste no

aumento do número de fibras (MONTEIRO, 1999).

Atualmente está documentada a proliferação das fibras musculares a partir das células satélites, mas a hiperplasia poderá não ocorrer, se a destruição de fibras durante o exercício ocorrer na mesma proporção da proliferação, o que parece depender mais do volume do que da intensidade do treinamento. A proliferação do tecido conjuntivo funcional do músculo (endomílio, perimílio e epimílio) apresenta uma pequena contribuição para o volume muscular (MONTEIRO, 1999). A maior hidratação do músculo treinado decorre do aumento das reservas de glicogênio, que é reposto no período de recuperação dos exercícios. Cada grama de glicogênio retém quase três gramas de água, e a quantidade de glicogênio pode triplicar no músculo treinado. Este mecanismo é responsável pelo aumento da consistência do músculo treinado, fenômeno conhecido como “tonificação”. Na realidade, o aumento real de tônus muscular é um fenômeno passageiro, restrito ao pós-exercício imediato. A vascularização muscular aumenta estimulada por diversos mediadores, entre eles o ácido láctico, com a finalidade de levar mais oxigênio e nutrientes para o músculo em exercício e para

otimizar a remoção de catabólitos (MONTEIRO, 1999).

Os exercícios com pesos são os mais eficientes para estimular todos os mecanismos responsáveis pelo aumento de volume muscular, principalmente quando realizados com cargas que permitam repetições entre seis e doze. Os exercícios aeróbios apresentam apenas um discreto aumento de volume por hidratação e vascularização, que se instala nos períodos iniciais de sua prática, não ocorrendo aumento volumétrico progressivo.

Exercícios de alongamento produzem discreto estímulo de volume muscular por sobrecarga tensional (MONTEIRO, 1999).

### Força



O aumento de força induzido pelos exercícios ocorre pela hipertrofia, que aumenta a quantidade de miofibrilas nas fibras musculares, e pelo aprimoramento da coordenação no seu aspecto de

recrutamento de unidades motoras. A força aumenta mais rápido do que o volume muscular, evidenciando a importância da coordenação neuromuscular para essa qualidade de aptidão. Os exercícios com pesos são os mais eficientes para desenvolver a força, principalmente quando realizados com cargas que permitem cinco ou menos repetições. Essas cargas, no entanto, não são aconselhadas para grupos especiais como crianças, idosos e convalescentes, devido ao alto estresse sobre as estruturas articulares. Exercícios aeróbios não desenvolvem a força e os exercícios de alongamento o fazem com discrição (MONTEIRO,1999).

### Potência

Essa qualidade de aptidão é uma associação de força com velocidade. Sendo a velocidade basicamente uma característica genética, com pouca influência do treinamento, o aumento da potência acompanha o da força muscular. Velocistas melhoraram suas marcas com o treinamento de força devido ao aumento paralelo de potência, ou seja, maior capacidade de aceleração. Exercícios aeróbios e de alongamento têm mínimo efeito na potência muscular (MONTEIRO,1999).

### Resistência



A maior resistência muscular observada nos músculos treinados ocorre principalmente por aprimoramento nos sistemas enzimáticos da produção de energia, aeróbios e anaeróbios, e por aumento das reservas de substratos como o glicogênio e gordura intracelular. Os exercícios com pesos são os mais eficientes para aumentar a resistência nos esforços intensos e interrompidos, e os exercícios aeróbios, nos esforços menos intensos e mais prolongados. Os exercícios de alongamento são pouco eficientes para desenvolver resistência (Monteiro,1999).

### Elasticidade

A proliferação de tecido conjuntivo funcional, estimulada pela sobrecarga tensional, explica o aumento da elasticidade observado nos músculos treinados com pesos e

com exercícios de alongamento. Aspecto importante é lembrar que os exercícios com pesos apresentam uma fase implícita de alongamento, que é a contração excêntrica, apresentando portanto, os mesmos benefícios dos exercícios de alongamento. Músculos treinados com pesos não ficam encurtados e também não ficam hipertônicos. Exercícios aeróbios não estimulam a elasticidade dos músculos (Monteiro,1999).

### **Coordenação neuromuscular**

A estimulação dos proprioceptores dos músculos e das articulações desenvolve a consciência corporal, otimizando reflexos de correção postural e de estabilização protetora dos seguimentos corporais. Admite-se que os exercícios com pesos sejam os mais eficientes para essa finalidade, devido aos movimentos lentos com carga, em toda a amplitude das articulações (Monteiro,1999).

75



### 3. A Musculação Atuando na Obtenção da Qualidade de Vida



As tendências da sociedade moderna e a evolução tecnológica proporcionam mais conforto e comodidades para o ser humano. A tecnologia facilita o dia-a-dia, porém diminui as exigências do movimento corporal. Esta diminuição de atividade física traz consigo o aumento do stress e do sedentarismo, principais inimigos de uma boa qualidade de vida (COBRA, 2003).

Segundo Santarém (2000 a), entende-se por boa qualidade de vida a capacidade de conseguir realizar as atividades desejadas, do

ponto de vista homeostático e biomecânico, sem riscos para o perfeito funcionamento do organismo humano. O desenvolvimento de novos hábitos, com uma ênfase maior na prática de atividades físicas, é um passo fundamental para a melhoria generalizada da saúde orgânica e, consequentemente, da qualidade de vida. Assim sendo, exercícios diversos tais como a caminhada, corrida, ciclismo, natação, hidroginástica, musculação, entre outros, cada vez mais ganham a adesão de uma população que busca o desenvolvimento do

bem estar e da saúde física e mental. Entre as atividades acima citadas a musculação recebe atualmente um destaque todo especial, principalmente em decorrência da evolução científica que apresentou nas últimas décadas com a publicação de pesquisas e artigos sobre seus benefícios e segurança na prática.

Conceitualmente, Bittencourt coloca esta atividade física como sendo a utilização de exercícios contra resistência que tem como áreas de aplicação o ambiente competitivo, profilático, terapêutico, recreativo, estético e de preparação física. Historicamente a musculação apresenta-se como uma das práticas físicas mais antigas do mundo, já que existem relatos históricos datados do início dos tempos que confirmam o exercício de ginástica com pesos. A história mais conhecida data da época da Grécia Antiga, quando Milon de Creton, cidadão grego, iniciou seu treinamento levantando um pequeno bezerro nas costas. À medida que o bezerro ia crescendo provocava sobrecarga ao organismo daquele que estava treinando, acarretando adaptações orgânicas que permitiam ao mesmo suportar aquela nova carga que lhe era imposta a cada dia. Acredita-se que este treinamento foi o método originário do princípio da

sobrecarga. Em períodos mais recentes existem relatos de diversas contribuições que ajudaram historicamente no desenvolvimento da musculação. Algumas destas contribuições são destacadas por Bittencourt (1984), tais como: constatação da hipertrofia de músculos treinados devido ao aumento do sarcoplasma das fibras musculares, feita em 1897 por Morpurgo; constatação do aumento do potencial e da velocidade de contração do músculo através do treinamento com pesos, feita por Zorbas em 1951; comprovação da atuação do sistema nervoso nos treinamentos de força, feita por Zimkim em 1965. Estas e outras contribuições levaram a uma evolução científica da prática de musculação, colocando-a como um dos principais meios de se atingir um bom nível de aptidão física relacionada à saúde.

O presente capítulo demonstrará como a prática regular da musculação pode favorecer o desenvolvimento de adaptações fisiológicas que garantam ao praticante o pleno bem estar físico, mental e social, permitindo-o desempenhar suas atividades diárias com um máximo aproveitamento e eficiência, sem colocar em risco a integridade física do organismo.

Em outras palavras, meu objetivo nesse capítulo será o de verificar como a musculação pode auxiliar na boa qualidade de vida do ser humano que pratica esta atividade. Para atingir tal objetivo, iremos dar ênfase nos benefícios proporcionados por este exercício físico quando realizado de forma correta, organizado de um modo que o praticante sinta prazer no que está fazendo, adotando-o como um hábito de vida.

### **Musculação Recreativa Auxiliando na Obtenção de Qualidade de Vida**



#### **Diminuição do stress**

Segundo Guyton (1988) as preocupações do dia-a-dia decorrentes da quantidade avassaladora de pressões e responsabilidades a que o ser humano é submetido estão diretamente relacionadas com a incidência de doenças ligadas ao

sistema cardiovascular, tais como a hipertensão arterial e as doenças coronarianas. Fisiologicamente isto é explicado pelo aumento do grau de atuação do sistema nervoso simpático, produzindo constrição dos vasos sanguíneos periféricos e sobrecarregando a atividade cardíaca. Por outro lado, pesquisas recentes demonstram que as atividades recreativas em geral, dentre as quais está a musculação recreativa, proporcionam diminuição do stress, facilitando a atuação do coração e deixando o indivíduo com menor probabilidade de adquirir doenças cardiovasculares. Esta diminuição se deve basicamente ao maior relaxamento físico e mental e também a melhoria do humor, provocadas pela recreação (GUYTON, 1988).

#### **Aumento da interação social**

O isolamento social é um dos fatores que contribuem para os comportamentos depressivo e degenerativo do ser humano. Neste ponto o idoso merece uma atenção toda especial, já que a prática da musculação recreativa representa um importante meio de convívio com outros praticantes, aumentando a sua auto-estima e renovando o seu ciclo de amizades.

Tudo isso lhe traz grande satisfação pessoal e uma melhoria bastante significativa em sua qualidade de vida (CAMARGO, 1989).

### ***Maior dedicação ao tempo de lazer***

Segundo Camargo (1989) o tempo de lazer é o período que o ser humano escolhe para a realização de atividades prazerosas, desinteressadas e liberatórias de obrigações. Nos dias atuais este tempo está cada vez mais diminuindo em virtude dos afazeres e responsabilidades inerentes a realidade econômico-capitalista de hoje. Contudo, estudos recentes demonstram que as mudanças de comportamento provocadas pela prática da musculação recreativa tais como o maior relaxamento físico e mental, melhoria da autoconfiança e auto-estima, diminuição da ansiedade e melhoria do entusiasmo e humor levam a uma maior dedicação de tempo livre para o lazer, o que é apontado por Cobra (2003) como um fator fundamental para a boa qualidade de vida.

### ***Diminuição do sedentarismo***

Os níveis crescentes de sedentarismo observados na espécie humana parecem desempenhar um

papel importante para a perda de desempenho orgânico. A grande maioria dos estudos realizados nesta área nos leva a acreditar que a ausência de atividade física gera um número bastante elevado de efeitos prejudiciais ao ser humano (SANTARÉM, 2000). Meller e Mellerowicz (1987) apontam alguns destes efeitos, entre os quais podemos destacar a atrofia muscular em virtude da inatividade, os vícios incorretos de postura, o maior acúmulo de gordura corporal, a hipertensão arterial, a diabetes e o envelhecimento físico precoce causado pela perda funcional de alguns órgãos. Perante isto, podemos afirmar veementemente que a qualidade de vida fica bastante comprometida em indivíduos de comportamento sedentário. A prática da musculação no ambiente recreativo, em virtude do seu componente lúdico, permite uma maior sensação de prazer durante sua realização, auxiliando na transformação do exercício físico em hábito e estilo de vida. O hábito se forma com a prática regular e prazerosa, provocando modificações comportamentais que levam à incorporação do movimento em substituição ao sedentarismo. Deste modo, as alterações fisiológicas provocadas pela inatividade física são anuladas e o indivíduo tende a

apresentar uma melhoria orgânica que lhe garante a saúde e o bem estar.

### A Musculação Estética e seus Benefícios



No ambiente estético a musculação objetiva modelar as formas do corpo enfatizando um trabalho de aumento do volume muscular e de obtenção da simetria corporal. Tudo isso deve ser realizado dentro dos limites da normalidade, respeitando todos os princípios do treinamento físico com um destaque maior sobre o princípio da individualidade biológica. Os principais benefícios proporcionados pela musculação estética e que auxiliam na melhoria da qualidade de vida dos praticantes são: aumento da massa corporal metabolicamente ativa e melhoria da auto-imagem.

### Aumento da Massa Corporal Metabolicamente Ativa

Segundo Coutinho (2001) hoje em dia as academias recebem um grande número de novos alunos que aparecem a procura de melhorias estéticas nas formas de seus corpos. O objetivo principal, sem dúvida, é a hipertrofia muscular. Atualmente sabe-se que este processo de hipertrofia ocorre pelo aumento sarcoplasmático das células musculares, mais especificamente através da maior atividade orgânica no sentido da síntese protéica. Coutinho (2001) relata que a manutenção ou aumento da massa muscular representa também um aumento na taxa metabólica basal, ou seja, quando o indivíduo consegue provocar hipertrofia muscular pela prática de exercícios contra resistência, provoca também o aumento da massa corporal metabolicamente ativa, fazendo com que o seu gasto energético em repouso seja maior. Este fato é de bastante importância para a melhoria da qualidade de vida em pessoas que estão em processo de emagrecimento ou que estão em processo de manutenção da massa corporal, já que atualmente se tem conhecimento de que o indivíduo que emagrece perdendo músculo vai

diminuir o seu gasto metabólico basal e aumentar sua tendência para engordar novamente, provocando o chamado "efeito ioiô". Portanto, o aumento da massa muscular representa uma grande melhoria na qualidade de vida, principalmente no que se refere a diminuição dos efeitos provocados pela obesidade.

### **Melhoria da auto-imagem**

Segundo Coutinho (2001) na sociedade contemporânea atual existe uma excessiva preocupação com o corpo. A estética e sua relação com a imagem corporal tornou-se alvo de inúmeros estudos na área da psicologia durante os últimos anos. Os resultados da grande maioria destes estudos apontam para a existência de um binômio estética - relação inter-pessoal. Em linhas gerais, pode-se dizer que as pessoas insatisfeitas com a sua imagem corporal apresentam maiores dificuldades de relação inter-pessoal do que aquelas plenamente satisfeitas com os seus corpos. Isto implica em dificuldades de socialização e tendência ao isolamento, o que pode ocasionar futuramente o aparecimento de comportamentos depressivos. A musculação estética surge então como uma forma de modelagem corporal física do ser humano que

proporciona ao mesmo melhorias de auto-imagem, auto-conceito e auto-confiança (COUTINHO, 2001).

### **Musculação Auxiliando as Populações Especiais**

A musculação para populações especiais é aquela que objetiva auxiliar no tratamento de doenças humanas em relação aos aspectos profiláticos e terapêuticos, melhorando assim a qualidade de vida das pessoas submetidas a esta prática física. No presente estudo, iremos analisar os benefícios proporcionados pela musculação nas seguintes populações: pessoas com aterosclerose, hipertensão arterial, obesidade, diabetes mellitus e osteoporose (Santarém, 2000).

### **Musculação e Aterosclerose**

Segundo Guyton (1988) a aterosclerose é definida como sendo uma doença degenerativa das artérias que tem como causa principal o desenvolvimento de depósitos gordurosos e fibróticos nas paredes arteriais. O componente prejudicial ao organismo e causador primário desta doença é o colesterol advindo das lipoproteínas de baixa densidade (LDL) que estão

circulando na corrente sanguínea. Estas lipoproteínas são derivadas principalmente da digestão e absorção de gorduras saturadas ingeridas na alimentação.

Segundo Santarém (2000) acredita-se que a prática da musculação seja capaz de estimular a diminuição dos níveis de LDL sanguíneo ao mesmo tempo que estimula também a produção de lipoproteínas de alta densidade (HDL), que retiram o colesterol do sangue evitando o seu depósito nas artérias. Neste contexto podemos colocar a prática da musculação como sendo uma atividade de caráter profilático em relação à aterosclerose.

### **Musculação e hipertensão arterial**

Segundo Funchal (2004) a hipertensão arterial é uma doença crônica, não transmissível, de natureza multifatorial, assintomática (na grande maioria dos casos) e degenerativa. Diz-se que ela é de natureza multifatorial porque pode ser causada por vários fatores, entre os quais destacam-se o estilo de vida, a obesidade, fatores hereditários, fatores de stress e hábitos alimentares. Diz-se também que geralmente ela é assintomática porque a grande maioria das pessoas

não apresentam sintomas que possam identificá-la, sendo, portanto uma doença dita como "silenciosa". Por último, afirma-se também que ela é uma doença degenerativa em virtude do fato de provocar o comprometimento do coração, cérebro e rins. O trabalho de musculação com hipertensos deve ser cuidadosamente controlado, sendo que as principais recomendações expostas na literatura científica apontam para a não realização de exercícios com Manobra de Valsalva, nem tampouco de exercícios isométricos. A contra-indicação destes tipos de exercícios se deve aos efeitos de aumento súbito e imediato da pressão arterial por eles provocados, o que em pessoas com hipertensão podem gerar lesões e até mesmo rompimento de vasos sanguíneos. A musculação traz benefícios para este grupo quando é aplicada através de exercícios prolongados utilizando cargas leves. O principal benefício é a diminuição da pressão arterial em repouso, o que coloca a prática de exercícios contra resistência como uma aliada no tratamento da hipertensão arterial e, consequentemente, como um agente facilitador da boa qualidade de vida.

### **Musculação e obesidade**

Segundo Katch F (1998) a obesidade é definida como o acúmulo excessivo de gordura corporal. Já Coutinho (2001), baseado no índice de massa corporal (IMC), define a obesidade como sendo a situação na qual o indivíduo apresenta IMC superior a 30 kg/m<sup>2</sup>. Independente da definição, sabe-se que a obesidade talvez se constitua na maior ameaça à qualidade de vida do ser humano. Isto é verdadeiro na medida em que se constata que a obesidade está diretamente relacionada como causa de várias outras doenças, tais como a hipertensão arterial, diabetes mellitus, câncer, artrites, problemas cardiovasculares etc. Como já foi explicado anteriormente neste mesmo artigo, a musculação com fins hipertróficos contribui com o aumento da massa corporal metabolicamente ativa, aumentando o gasto energético basal, favorecendo ainda mais o emagrecimento. Já quando a musculação assume características aeróbias (alto número de repetições com cargas quantitativamente pequenas) proporciona a manutenção do baixo conteúdo gorduroso total do corpo assim como também a redução do ritmo de acúmulo das células adiposas.

Portanto, percebemos que a musculação pode assumir aspectos tanto preventivos quanto terapêuticos no que se refere ao controle da obesidade.

### **Musculação e diabetes mellitus**

Fox (2000) conceitua a diabetes como sendo um distúrbio relacionado com a incapacidade das membranas plasmáticas celulares captarem a glicose para dentro das células. De acordo com este mesmo autor, existem basicamente dois tipos de diabetes conhecidos: o tipo I, caracterizado pela ausência da produção de insulina pelo pâncreas; e o tipo II, caracterizado pelo aumento da resistência à ação da insulina nas células.

Segundo Santarém (2000) a musculação atua no aspecto terapêutico da diabete, pois a medida em que provoca um aumento da massa muscular, gera também um aumento na quantidade de tecido captador de glicose, que mesmo em repouso, auxilia no controle da glicemia. Os exercícios resistidos realizados com Manobra de Valsalva e os exercícios isométricos devem ser evitados, pois sabe-se que estes provocam elevações excessivas da pressão arterial, e devido a fragilidade

vascular observada nos diabéticos, podem gerar lesões e rupturas de vasos sanguíneos. A musculação realizada com cargas leves, em um tempo total de treinamento que fique entre 20 e 60 minutos de duração por sessão, é a mais recomendada para a melhoria na qualidade de vida dos diabéticos.

### **Musculação e osteoporose**



A osteoporose é uma doença de caráter degenerativo cujas principais características são a presença de uma massa óssea baixa e a deterioração na arquitetura do tecido ósseo, resultando em maior fragilidade dos ossos e, consequentemente, maior risco de deformações e fraturas.

A principal causa da osteoporose é a perda mineral óssea, ocasionada principalmente pelo processo de envelhecimento e pela

inatividade física. Segundo as recomendações do Colégio Americano de Medicina Desportiva (ACSM), citadas por Katch F (1998), os exercícios selecionados para atuações profiláticas e terapêuticas contra a osteoporose devem ser aqueles que proporcionam o aprimoramento das valências físicas força e flexibilidade. É neste ponto que a prática da musculação interfere com maior intensidade, pois sabe-se que os exercícios contra resistência atuam positivamente na melhoria da capacidade contrátil dos músculos esqueléticos, assim como também geram efeitos positivos na elasticidade muscular em decorrência da proliferação de tecido conjuntivo ocasionada pela hipertrofia (SANTARÉM, 2000 a). As melhorias em força e flexibilidade são acompanhadas pelo aumento da densidade óssea mineral, deixando o sistema esquelético mais forte e mais resistente a fraturas e deformações. Desta forma a musculação pode ser considerada o mais eficiente estímulo ambiental na prevenção e no tratamento da osteoporose, melhorando significativamente a qualidade de vida de todas as pessoas que são obrigadas a conviver com este tipo de problema.



#### 4. Musculação, Saúde e Longevidade



Até meados do século XX a comunidade científica ainda tinha algumas dúvidas sobre a relação da atividade física habitual com a saúde e a longevidade. Na época, em contraposição ao conceito de que atividade física promove saúde e longevidade, havia a hipótese de que as pessoas geneticamente favorecidas para melhores condições de saúde e longevidade também tinham mais disposição geral e por isso também eram mais ativas. Com o passar dos tempos, diversos estudos populacionais puderam fornecer bases epidemiológicas e estatísticas sólidas para o conceito atual sobre o assunto (COBRA, 2003).

Atualmente se sabe que a base da saúde e da longevidade é genética, com pessoas predispostas há viverem mais tempo e com menos doenças, mas a influência de fatores ambientais é grande e pode contribuir decisivamente para o resultado final. Por um lado, fatores ambientais importantes são a atividade física, a boa alimentação e o repouso adequado, e por outro lado, a ausência de fatores nocivos como o estresse emocional, as drogas, a falta de repouso, a poluição do meio ambiente e a exposição a agentes patogênicos, como no trabalho insalubre e na ausência de saneamento básico. No que diz

respeito à atividade física, seus efeitos positivos ocorrem na prevenção de doenças que poderiam abreviar a vida e na melhoria da condição física, para que as atividades da vida diária sejam realizadas sem grandes esforços e sem maiores riscos para a saúde. Resumindo esse aspecto da questão, podemos dizer que a musculação é no mínimo equivalente aos exercícios aeróbios na prevenção das doenças cardiovasculares como o infarto, o acidente vascular cerebral e a insuficiência arterial periférica, todas devidas à aterosclerose, por combater as condições predisponentes como o colesterol alto, a obesidade, o diabetes e a hipertensão (SANTARÉM, 2000).

Evidências sugerem que os efeitos da musculação em longo prazo sejam superiores aos dos exercícios aeróbios em vários aspectos: controle da gordura corporal, controle do diabetes, prevenção da osteoporose, prevenção de dores reumáticas, aptidão física para a vida diária e prevenção de situações de risco de acidentes cardiovasculares agudos. Diversos desses efeitos são devidos ao aumento de massa muscular e de força, que não são estimulados pelos exercícios aeróbios. O único parâmetro de aptidão física que é

melhor estimulado pelos exercícios aeróbios em relação à musculação é o consumo máximo de oxigênio ( $VO_2$  máx). Esse parâmetro já foi usado como indicador de saúde e de qualidade de vida no aspecto da aptidão, o que atualmente não é mais aceito. A saúde de quem faz exercício aeróbio tende a ser estimulada porque a pessoa realiza atividade física, que casualmente é de um tipo que aumenta o  $VO_2$ . Os esforços favorecidos pelo aumento do  $VO_2$  não são habituais na vida diária: ou são esforços muito intensos ou de média intensidade, porém prolongados. Os esforços diários são intensos e curtos, embora repetidos, como na musculação, ou são muito suaves, porém prolongados (caminhar, por exemplo) (SANTARÉM, 2000). A musculação favorece todos esses esforços, razão pela qual é à base da reabilitação de pessoas idosas ou debilitadas.

Além disso, o aumento de força muscular faz com que nas tarefas diárias ocorra menor aumento de freqüência cardíaca e da pressão arterial, evitando acidentes cardiovasculares agudos. Muitos profissionais ainda desconhecem os aspectos acima expostos e alguns costumam ter receio quanto à segurança da musculação em condições especiais de saúde. Esse

temor não está fundamentado em evidências, que na realidade são tranquilizadoras nesse aspecto (COBRA, 2003). Muitas vezes profissionais desatualizados indicam “apenas exercícios aeróbios” com a idéia de que essa atividade seja mais suave do que a musculação, o que também não é real. Assim sendo, em função do desconhecimento, ainda não atingimos a situação de indicação fundamental dos exercícios resistidos para promoção de qualidade de vida, saúde e consequentemente longevidade.

Prevemos, no entanto, com base nas evidências disponíveis, que este será o futuro mais ou menos breve, e que será vivenciado pelos profissionais mais jovens (COBRA, 2003). No entanto, um alerta deve ser colocado. Muitos dos efeitos salutares da musculação e da atividade física em geral podem ser reduzidos ou mesmo revertidos para o lado dos efeitos indesejáveis pelo uso de drogas, principalmente dos anabolizantes hormonais. Tal é o caso do combate à aterosclerose e dos riscos de eventos cardiovasculares agudos, que podem ser favorecidos por efeitos das drogas como o aumento do colesterol, redução do HDL (colesterol “bom”), aumento da pressão arterial, estímulo ao

diabetes e tendência à coagulação do sangue (SANTARÉM, 2000). Estas não são considerações teóricas dissociadas da realidade, pois esses efeitos das drogas estão documentados, bem como diversos casos fatais, disponíveis para constatação dos que ainda acham que os riscos das drogas são pequenos.

Historicamente a musculação sempre foi uma atividade norteada por mitos e idéias falsas, ficando muitas vezes reservada apenas para atletas de levantamento de pesos e fisiculturistas. Atualmente, com os diversos estudos científicos realizados, a musculação atravessa uma fase evolutiva em sua história, sendo considerada como um importante meio de obtenção de benefícios que proporcionam melhorias significativas na qualidade de vida daqueles que as praticam.

O estudo bibliográfico que foi desenvolvido na presente monografia teve como principal objetivo a análise dos vários benefícios que a prática da musculação pode provocar. Para que este objetivo fosse atingido em sua plenitude, foi realizada uma extensa revisão de literatura que apontou a prática da musculação como atividade atuante nos meios recreativo, estético, profilático,

terapêutico, competitivo e de preparação física. No que se refere a prática da musculação no ambiente recreativo, conclui-se que gera quatro importantes benefícios para a melhoria na qualidade de vida dos praticantes. São eles: diminuição do stress, aumento da interação social, maior dedicação ao tempo de lazer e diminuição do sedentarismo. O principal elemento que deve ser observado com a prática da musculação neste ambiente é a realização da atividade física de forma prazerosa, tornando-a um verdadeiro hábito de vida. No meio estético, conclui-se que a musculação gera dois importantes benefícios: o aumento da massa corporal metabolicamente ativa e a melhoria da auto-imagem. Neste ambiente, o principal elemento que deve ser observado com a prática da musculação é a modelagem do corpo, respeitando a individualidade biológica de cada praticante.

Com uma imagem corporal mais bem delineada, o praticante sente-se mais auto-confiante para o estabelecimento de relações interpessoais. Por último destaca-se a musculação em populações especiais, onde ela atua como agente de auxílio profilático e terapêutico. Neste contexto, conclui que a prática da musculação traz importantes

benefícios para pessoas com problemas de aterosclerose, hipertensão arterial, obesidade, diabetes e osteoporose. Aqui o principal elemento que deve ser observado com a prática da musculação é a adequação que o profissional de Educação Física deve realizar na hora de prescrever o exercício perante as limitações inerentes a cada tipo de doença analisada.

### **Influência da Musculação na Prevenção da Obesidade**

Para utilizar os benefícios que a atividade física oferece para a obtenção de saúde é necessário um estilo de vida adequado e mais ativo para que o organismo mantenha um desenvolvimento funcional saudável. E um dos problemas decorrentes da falta de atividade física é a obesidade. Esta doença vem aumentando gradativamente com o passar do tempo, se tornando um problema para a saúde pública e, além disso, a obesidade apresenta fatores negativos, tanto na parte estética, quanto no aparecimento de outras doenças. Diabetes, hipertensão e o comprometimento funcional cardíaco são algumas delas.

A musculação pode ser uma

alternativa eficaz no combate e a prevenção da obesidade, já que conta com vários exercícios aeróbicos, anaeróbicos e diversos trabalhos com pesos, o que estimula a queima de calorias no organismo, mantém o metabolismo e também ajuda no controle energético. Tal atividade física praticada regularmente pode auxiliar no melhor controle do apetite, de modo, que a ingestão calórica torna-se equilibrada com o gasto energético, o que faz da musculação uma excelente maneira para controlar o peso corporal do indivíduo.

O importante é sempre manter um equilíbrio entre a ingestão e a queima de calorias e por isso, a importância da musculação como atividade física, pois irá suprir todas as necessidades exigidas pelo organismo para que não haja nenhum consumo exagerado e um gasto calórico compatível. E, por isso é essencial salientar a musculação como uma aliada na prevenção da obesidade.

O treinamento de força é uma modalidade de exercícios resistidos onde o indivíduo realiza movimentos musculares contra uma força de oposição, como por exemplo, os exercícios com pesos. A musculação pode ser definida como sendo uma prática de exercícios

contra resistência que atua nos meios competitivos, profiláticos, terapêuticos, recreativos, estéticos e de preparação física.

Logicamente, em se tratando de indivíduos obesos, os objetivos profiláticos, terapêuticos e estéticos deverão ser priorizados.

A obesidade refere-se à condição em que o indivíduo apresenta uma quantidade excessiva

de gordura corporal avaliada em porcentagem do peso total (%G). É uma condição na qual a quantidade de gordura ultrapassa os níveis desejáveis, podendo também ocorrer um excesso de peso, onde o peso corporal total excede determinados limites, pelo aumento

da massa magra. O peso corporal apresenta um sistema de dois componentes: Massa corporal magra (isenta de gordura) formada pelos tecidos musculares e esqueléticos, pele, órgãos e tecidos;

Gordura corporal. Assim sendo, o aumento de massa corporal magra pode representar a elevação no peso corporal total sem que haja aumento nos níveis de gordura corporal. Por outro lado, o excesso de peso corporal pode ocorrer pela elevação nos depósitos de gordura, com ou sem o aumento na massa corporal magra, o que caracteriza um ganho de peso que pode levar à obesidade.

Sendo a Associação Brasileira

de Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica, para o Índice de Massa corporal (I.M.C), algumas características devem ser levadas em consideração, são elas: entre 20 e 250 peso está dentro da faixa considerado normal. IMC entre 25 e 30 com cintura até 89 cm: A medida de cintura estando abaixo de 90 cm, provavelmente não apresenta um excesso de tecido adiposo no interior do abdome.

Este tecido adiposo chamado de gordura visceral é o que mais acarreta riscos para a saúde. Grupo de menor probabilidade de complicações como diabetes, hipertensão arterial e hipercolesterolemia. IMC entre 25 e 30 com cintura igual ou maior que 90 cm: O peso está na faixa chamada de “excesso de peso”. A medida de cintura está acima dos 90 centímetros, provavelmente está acumulando um excesso de tecido adiposo no interior do abdome. Este tecido adiposo chamado de gordura visceral é o que mais acarreta riscos para a saúde.

IMC entre 30 e 35: O peso está na faixa chamada de obesidade leve. Portanto, em um grupo de maior probabilidade de complicações como diabetes, hipertensão arterial e hipercolesterolemia.

IMC entre 35 e 40: O peso está na faixa chamada de obesidade

moderada. O excesso de peso já pode estar provocando um risco muito elevado de complicações metabólicas, como diabetes, hipertensão arterial e hipercolesterolemia, além de predispor a doenças osteoarticulares diversas. IMC maior que 40: O peso está na faixa chamada de obesidade mórbida. Ela corresponde a um risco muito aumentado de diversas doenças. Seu tratamento em geral é muito difícil, mas assim mesmo qualquer esforço é válido. Mesmo perdas moderadas, como 10% do peso atual, podem reduzir significativamente os riscos de complicações metabólicas. Caso o indivíduo nesse grupo não consiga emagrecer com uma orientação adequada sobre modificações dietéticas e práticas de atividades físicas, justifica-se o uso de medicamentos, desde que devidamente supervisionado por um médico. Se ainda assim não for obtido um resultado satisfatório, a tendência atual é indicar-se um tipo de cirurgia em que a cavidade do estômago é reduzida para que diminua a ingestão de alimentos.

Independentemente da definição sabe-se que a obesidade talvez se constitua na maior ameaça à qualidade de vida do ser humano atualmente. Isto é verdadeiro na medida em que se constata que a

obesidade está diretamente relacionada como causa de várias outras doenças, tais como a hipertensão arterial, diabetes melitus, câncer, artrites, problemas cardiovasculares etc. O tratamento da Obesidade envolve reeducação alimentar, atividade física, e dependendo da situação, o uso de medicamentos auxiliares e acompanhamento psiquiátrico. É comprovado que a prática de atividades físicas, associada a uma alimentação saudável, constitui em um componente fundamental no emagrecimento e na manutenção da massa corporal. A prática do exercício resistido é importante para o emagrecimento, pois essa adaptação fisiológica leva ao aumento do metabolismo basal, e com isso gastando mais calorias em repouso Santarém (2007). O treinamento de resistência em circuito (TRC) representa um ótimo meio para obtenção do declínio de gordura corporal através de atividades resistidas. O TRC geralmente é realizado com uma carga correspondente a 40% - 55% de uma repetição máxima (1 RM), executando o maior número possível de repetições dentro de um período de 30 segundos. Após um intervalo de descanso que será adaptado de acordo com a condição física do praticante, este se desloca

para a próxima estação do exercício com resistência e assim sucessivamente, até completar o circuito. Geralmente, são utilizadas entre oito e 15 estações de exercícios, repetidas em um número de vezes que permita a realização de 30 a 50 minutos de atividade contínua. McArdle (2002). A grande vantagem do TRC para o trabalho com obesos é que além de induzir ao aumento de massa muscular magra, também estimula a redução de gordura corporal e o aumento da massa óssea, levando às mudanças extremamente favoráveis na composição corporal. O aumento da massa muscular magra representa o benefício mais importante do treinamento de musculação, já que esta é metabolicamente mais ativa do que o tecido adiposo, permitindo, portanto, a manutenção de um alto nível de metabolismo basal e o aprimoramento da oxidação de ácidos graxos o repouso.

Weink (2000) O treinamento físico estimula o catabolismo de triglicérides, inibe a síntese adicional de moléculas lipídicas e faz com que as células do tecido adiposo sofram uma redução de tamanho.

Para Robergs (2002) O exercício regular ajuda a manter a taxa de metabolismo de repouso e a massa livre de gordura, também ajuda a controlar o apetite e

melhorar o lado psicológico daqueles que tentam perder peso. Os exercícios regulares de musculação planejados apresentam uma série de benefícios para a pessoa obesa. Abaixo alguns desses benefícios:

- Aumento de gasto calórico total diário, reduzindo e controlando a quantidade de gordura corporal (desde que acompanhada de uma dieta adequada);
- Melhoria da capacidade de resposta muscular em situações de perigo devido ao melhor condicionamento físico;
- Aumento da massa magra e enriquecimento muscular;
- Aumento da força muscular;
- Melhoria da flexibilidade;
- Melhoria da capacidade aeróbica;
- Diminuição do risco de problemas cardíacos;
- Diminuição do risco de hipertensão;
- Diminuição do risco de problemas de colesterol e diabetes.

A perda de peso tem resultados positivos não somente no que diz respeito à parte estética, mas também na prevenção de doenças degenerativas do sistema cardiovascular e de alterações do metabolismo. Quando um treinamento com exercícios de

resistência perdura durante horas outro fator contribui para a perda de peso: a perda de apetite. E importante saber também como funciona o processo que nos faz engordar ou emagrecer:

**Como Engordamos:** Em nosso corpo estão distribuídas células de gorduras adiposas, que são milhões de pequenos compartimentos chamados de Adipócitos. Um homem dispõe de 25 bilhões de células adiposas espalhadas pelo corpo. Todas nossas ações, ou seja, por mais estático que seja como, por exemplo dormir, ou, extenuantes como trabalhos pesados ou esportes, se dá às custas de energia.

Se comermos quantidades maiores do que o necessário para exercermos todas as nossas atividades cotidianas, certamente engordaremos, porque o organismo irá transformar o excesso em gorduras e armazená-los nos Adipócitos.

Quando comemos em excesso, sobrecarrega-se o metabolismo, e os alimentos que não foram “queimados” pela atividade física vão para os depósitos do organismo sob forma de gorduras. Ou seja, o excesso de calorias ingeridas em relação ao seu gasto é o que leva a um acúmulo de gordura, isso tudo associado à inatividade física.

5



## 5. Como Emagrecemos



Tudo que fizemos no nosso dia a dia requer gastos de energia. Se ingerirmos quantidades de alimentos que não forneçam calorias suficientes para que possamos desempenhar a rotina da vida, entraremos em déficit energético, o qual deverá ser suprido à custa das reservas que nosso organismo possui, e com isso gradualmente reduziremos a gordura das células. Resumidamente, o emagrecimento se dá pela constante manutenção de um desequilíbrio energético, no qual

gastamos mais do que ingerimos. A perda de peso deve-se, sobretudo a uma ativação do metabolismo em geral e a adaptações bioquímicas e morfológicas específicas que dificultam o armazenamento de lipídios no tecido adiposo. Para manter o peso, a energia consumida diariamente precisa ser igual ao gasto energético (hábitos diárias de atividade física), portanto para se perder peso cada membro da equação precisa ser ajustado.

Os termos aeróbio e anaeróbio

se referem à presença e a ausência de oxigênio, respectivamente. Embora haja diferenciação, é importante salientar que nenhuma atividade física é estritamente aeróbica ou anaeróbica. Para entender os mecanismos de diferentes atividades físicas, é necessário compreender de que maneira ocorre o suprimento de energia. A energia usada pelos músculos em contração durante um exercício, tem sua origem em nossa dieta. Entende-se que apesar de alguns exercícios serem tipicamente taxados de aeróbios e outros de anaeróbios, não há como fazer a transição de um estado totalmente aeróbico para um estado totalmente anaeróbico.

Quanto mais intenso for o exercício, maior será a necessidade de produção de energia anaeróbica para suplementar a produção de energia aeróbica. Devemos considerar os dois termos como transições no metabolismo, com proporções que mudam de acordo com a intensidade do exercício. Em descanso, dependemos totalmente do metabolismo aeróbico para abastecer as necessidades energéticas do organismo. Quando começamos a nos exercitar, o aumento das necessidades energéticas para a contração muscular faz com que aumentemos a intensidade da respiração e do

consumo de oxigênio. Quanto mais aumentamos a intensidade da atividade, maior é o metabolismo aeróbico e não sofreremos com os sintomas da fadiga. Mas se a intensidade aumenta de forma que o metabolismo aeróbico não consegue suprir suas necessidades energéticas, a contribuição anaeróbica entra em cena e também aumenta.

Acumulam-se então os ácidos lácticos, que leva à fadiga mais ou menos precoce. Por essa razão, os esforços anaeróbios são interrompidos, exigindo intervalos de recuperação para a sua continuidade. Nos esforços que gastam muitas calorias num menor tempo, o oxigênio dos músculos é insuficiente para toda a produção energética, e a via anaeróbica é ativada desde o início. Durante os esforços de grande intensidade, o organismo sempre tenta ativar ao máximo a captação e transporte de oxigênio por mecanismos reflexos e imediatos, para que a via aeróbica em atividade diminua a produção anaeróbica de ácido láctico. No treinamento com pesos, os intervalos para descanso ocorrem após cerca de dez movimentos consecutivos, sendo razoável a participação aeróbica. No entanto, não há tempo de atividade suficiente para que a participação aeróbica seja

máxima. Em esforços anaeróbios mais prolongados, a duração maior do esforço permite que os mecanismos de captação e transporte de oxigênio sejam ativados plenamente, podendo atingir o  $V_{O_2}$  máximo do indivíduo. Vejamos a seguir os exemplos de atividades aeróbicas e anaeróbicas:

### Atividades Anaeróbias:

Imagine um indivíduo parado e, então, começa a se exercitar intensamente. Por estarem em atividade, seus músculos requerem energia de forma rápida e esta será fornecida através de um sistema chamado ATP-CP (ATP - Adenosina Trifosfato e CP - Creatina Fosfato). Tanto o ATP quanto a CP são compostos energéticos armazenados nos músculos e, quando uma pessoa deixa o estado de repouso e realiza um exercício físico intenso de forma repentina, esses fosfatos são a primeira forma de energia a ser liberada. E o que acontece com quem faz levantamento de peso. Apesar de na musculação o indivíduo não queimar gordura como fonte de energia, durante o esforço existe um processo chamado gliconeogênese, que é a utilização de gordura para repor as calorias perdidas durante o treino. Com o metabolismo

acelerado, o mesmo continua queimando a gordura por mais tempo depois da atividade física. Se continuar a se exercitar, os músculos precisarão de mais energia, a qual deverá ser liberada através de outra fonte, já que o sistema ATP-CP é limitado. O organismo, então, passa a quebrar as moléculas de glicose em ácido pirúvico, através de reações que não requerem a presença de oxigênio para ocorrerem. Isso acontece em atividades de curta duração e grande intensidade, que recebem a denominação de anaeróbias. Quem faz exercícios de musculação tem o metabolismo 12% mais acelerado no pós-treino e até 15 horas depois esta taxa continua 7% mais alta.

### Atividades Aeróbias



Imagine que o mesmo indivíduo continue a se exercitar de forma moderada e por mais tempo. Por ter mantido seu corpo em

atividade, será necessário encontrar uma nova fonte de energia. Desta vez, o ácido pirúvico originado da glicose será transformado em acetil, dando início ao Ciclo de Krebs. O Ciclo de Krebs corresponde a uma série de reações químicas celulares que utilizam o oxigênio para oxidar o acetil e quebrar moléculas de carboidratos, gorduras e aminoácidos.

A energia necessária para que haja a contração muscular em exercícios aeróbios vem dos carboidratos em um primeiro momento (pois dão início ao ciclo) e das gorduras, quando sua duração ultrapassa cerca de 20 minutos. O glicogênio hepático e muscular é capaz de fornecer de 1.200 a 2.000 Kcal de energia, enquanto a gordura pode fornecer até 75.000 Kcal. Exercícios em esteiras, bicicletas ergométricas são exemplos de atividades aeróbias e é considerado importante por melhorarem sua capacidade cardiorespiratória e oxigenação, após o exercício aeróbio nosso organismo leva cerca de 1 hora para voltar ao normal, onde eliminamos entre 10 e 15 calorias (neste prazo).

Compreender o funcionamento do metabolismo basal e de repouso irá contribuir muito num programa de musculação voltado para a

diminuição ou prevenção da obesidade, vejamos a seguir o motivo: Para a manutenção das funções vitais do organismo, se gasta certa quantidade de energia, essa necessidade de energia é chamada de metabolismo basal, acredita-se que a tendência das pessoas engordarem com a idade seja em grande parte devido à redução da taxa metabólica basal decorrente de perda progressiva da massa muscular. A taxa metabólica basal representa aproximadamente 70% do consumo energético diário total, e, pode ser usada para estabelecer as importantes bases energéticas para montar um programa de controle ponderal com base na dieta e no exercício. O metabolismo de repouso refere-se à soma dos processos metabólicos da massa celular ativa relacionado com a manutenção das funções corporais normais e a regulação do equilíbrio durante o repouso, e é responsável por aproximadamente 60 a 75% do dispêndio energético diário total, enquanto os efeitos térmicos da alimentação são responsáveis por aproximadamente 10% e a atividade física pelos 15 a 30% restantes, o metabolismo de repouso pode ser previsto com bastante exatidão a partir das variações da massa corporal magra, livre de gordura. O aumento de massa muscular

provocado pela musculação faz com que a taxa metabólica de repouso sofra um aumento, pois a massa muscular consome energia ativamente mesmo durante o repouso. Num estudo feito com homens e mulheres de 50 a 70 anos que realizaram um trabalho de musculação 3 dias por semana durante 12 semanas, foi observado que metabolismo de repouso aumentou 15% e isto representou uma perda de 2 kg de massa gorda, sem que tivesse sido feita nenhuma dieta rigorosa.

Analizando comparativamente à atividade aeróbica, notamos que o gasto calórico ocorre principalmente durante o exercício, enquanto no trabalho de musculação a queima calórica ocorre predominantemente em repouso. A musculação tem um papel muito importante no programa de perda de peso ponderal, pois tem provado, na maioria das pesquisas, ser uma eficiente forma de aumentar o metabolismo e repouso (através do aumento da massa corporal magra) e diminuir a porcentagem de gordura corporal. Apesar de os exercícios de força em musculação não utilizarem gordura no momento do exercício (somente ATP-PC e glicose anaeróbia), há uma grande utilização de lipídeos entre uma

série e outra dos exercícios, por causa da atividade aeróbica. Ainda, o metabolismo permanece alto por várias horas, o que aumenta a oxidação de gorduras.

A influência da musculação pode ser positiva para a prevenção da obesidade, uma doença que vem agravando com o passar do tempo e que tem causado preocupação para a saúde pública. Através de vários estudos feitos por autores da área da saúde e da área de educação física foi possível mostrar que a obesidade oferece riscos à saúde e ainda pode acarretar várias outras doenças decorrentes do excesso de gordura corporal, o que implica cardiopatas, diabetes, hipertensão e até mesmo problemas nas articulações. Essa preocupação estimulou os estudiosos a procurarem alternativas com o objetivo de diminuir e prevenir esta patologia, uma alternativa encontrada foi a musculação.

Além disso, o exercício aeróbico e o treinamento de resistência, mesmo sem restrição dietética, constituem elementos positivos muito significativos para o esforço destinado a conseguir uma redução ponderal. A musculação tem papel muito importante no programa de perda de peso ponderal, tem provado ser uma eficiente forma de aumentar o

metabolismo através do aumento da massa corporal magra e diminuir a porcentagem de gordura corporal. O treinamento de força é bem estabelecido com um método efetivo para desenvolver a forma músculo esquelética e é correntemente prescrito por muitas organizações importantes de saúde para melhorar a saúde e os níveis de forma física.

Incluindo uso regular de pesos livres, máquinas, peso corporal e outras formas de equipamento favorecem a melhora da força, potência e resistência muscular, é aceito que o treinamento de força causa aumento de massa magra, ganho de força e potência muscular, além de ser útil para incrementar o desempenho físico. Os efeitos dos exercícios com pesos e dos exercícios aeróbios na redução da gordura corporal. São que o aumento de massa muscular pode compensar em peso a diminuição do tecido adiposo mudando favoravelmente no sentido da saúde, da aptidão física e da modelagem do corpo. Para que a musculação obtenha sua eficácia é importante que o profissional de educação tome os devidos cuidados e procure sempre direcionar um programa de acordo com a necessidade de cada indivíduo. Pode-se concluir que a musculação apresenta-se como uma ótima escolha para a obtenção de

saúde, redução de gordura, controle do peso corporal e no equilíbrio energético, ajudando a prevenir a obesidade.



GRUPO EDUCACIONAL  
**IBRA**

## 6. Lesão Muscular – Fisiopatologia, Diagnóstico, Tratamento e Apresentação Clínica



As lesões musculares são a causa mais frequente de incapacidade física na prática esportiva. Estima-se que 30 a 50% de todas as lesões associadas ao esporte são causadas por lesões de tecidos moles. Apesar de o tratamento não cirúrgico resultar em bom prognóstico na maioria dos atletas com lesão muscular, as consequências da falha do tratamento podem ser dramáticas, postergando o retorno à atividade física por semanas ou até mesmo meses. O conhecimento de alguns

princípios básicos da regeneração e dos mecanismos de reparo do músculo esquelético pode ajudar a evitar perigos iminentes e acelerar o retorno ao esporte.

### Anatomia e biomecânica

As fibras musculares geralmente se originam em um osso ou tecido conectivo denso e se inserem a outro osso através de uma inserção tendínea. Há músculos que atravessam uma ou mais articulações para gerar movimento.

Os músculos com função tônica ou postural geralmente são uniarticulares, largos, planos, com velocidade de contração baixa e com capacidade de geração e manutenção de força contrátil grande. Geralmente estão localizados nos compartimentos mais profundos. Os músculos biarticulares têm velocidade de contração e capacidade para mudança de comprimento maiores, contudo, menor capacidade de suportar tensão. Geralmente estão localizados em compartimentos superficiais. Quanto à forma, os músculos fusiformes permitem uma maior amplitude de movimento, enquanto que os músculos penados têm maior força contrátil. O comprimento da fibra é um determinante importante da quantidade de contração possível no músculo. Como as fibras musculares geralmente apresentam distribuição oblíqua dentro de um ventre muscular, elas geralmente são menores do que o comprimento total do músculo.

### Mecanismos de lesão

As lesões musculares podem ser causadas por contusões, estiramentos ou lacerações. Mais de 90% de todas as lesões relacionadas ao esporte são contusões ou

estiramento. Já as lacerações musculares são as lesões menos frequentes no esporte. A força tênsil exercida sobre o músculo leva a um excessivo estiramento das miofibrilas e, consequentemente, a uma ruptura próxima à junção miotendínea. Os estiramentos musculares são tipicamente observados nos músculos superficiais que trabalham cruzando duas articulações, como os músculos reto femoral, semitendíneo e gastrocnêmio.

### Classificação

A atual classificação das lesões musculares separa as lesões entre leve, moderada e grave a partir dos aspectos clínicos revelados. Estiramentos e contusões leves (grau I) representam uma lesão de apenas algumas fibras musculares com pequeno edema e desconforto, acompanhadas de nenhuma ou mínima perda de força e restrição de movimentos. Não é possível palpar-se qualquer defeito muscular durante a contração muscular. Apesar de a dor não causar incapacidade funcional significativa, a manutenção do atleta em atividade não é recomendada devido ao grande risco de aumentar a extensão da lesão. Estiramentos e contusões moderadas (grau II)

provocam um dano maior ao músculo com evidente perda de função (habilidade para contrair).

É possível palpar-se um pequeno defeito muscular, ou gap, no sítio da lesão, e ocorre a formação de um discreto hematoma local com eventual ecmose dentro de dois a três dias. A evolução para a cicatrização costuma durar de duas a três semanas e, ao redor de um mês, o paciente pode retornar à atividade física de forma lenta e cuidado. Uma lesão estendendo-se por toda a sessão transversa do músculo e resultando em virtualmente completa perda de função muscular e dor intensa é determinada como estiramento ou contusão grave (grau III). A falha na estrutura muscular é evidente, e a equimose costuma ser extensa, situando-se muitas vezes distante ao local da ruptura. O tempo de cicatrização desta lesão varia de quatro a seis semanas. Este tipo de lesão necessita de reabilitação intensa e por períodos longos de até três a quatro meses. O paciente pode permanecer com algum grau de dor por meses após a ocorrência e tratamento da lesão.

### Fisiopatologia

O que distingue a cicatrização da lesão muscular da cicatrização

óssea é que no músculo ocorre um processo de reparo, enquanto que no tecido ósseo ocorre um processo de regeneração. A cicatrização do músculo esquelético segue uma ordem constante, sem alterações importantes conforme a causa (contusão, estiramento ou laceração).

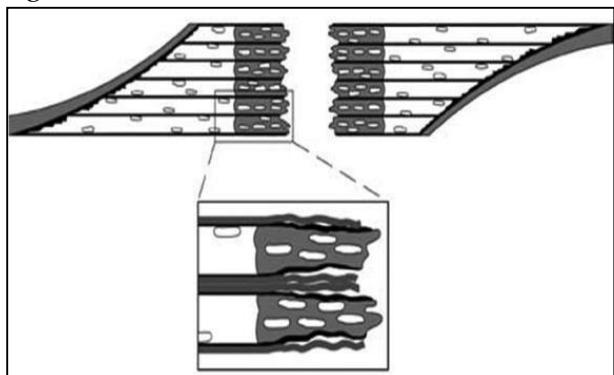
Três fases foram identificadas neste processo: destruição, reparo e remodelação. As duas últimas fases (reparo e remodelação) se sobrepõem e estão intimamente relacionadas.

- **Fase 1:** destruição – caracterizada pela ruptura e posterior necrose das miofibrilas, pela formação do hematoma no espaço formado entre o músculo roto e pela proliferação de células inflamatórias.
- **Fase 2:** reparo e remodelação – consiste na fagocitose do tecido necrótico, na regeneração das miofibrilas e na produção concomitante do tecido cicatricial conectivo, assim como a neoformação vascular e crescimento neural
- **Fase 3:** remodelação – período de maturação das miofibrilas regeneradas, de contração e de reorganização do tecido cicatricial e da recuperação da capacidade funcional muscular.

Como as miofibrilas são

fusiformes e muito compridas, há um risco iminente de que a necrose iniciada no local da lesão se estenda por todo o comprimento da fibra. Contudo, existe uma estrutura específica, chamada de banda de contração, que é uma condensação do material citoesquelético que atua como um “sistema antifogo” (Figura 1).

**Figura 1.** Banda de contração do sistema “antifogo”.



**Fonte:** Modificado de: Jarvinen TA, Jarvinen TL, Kaariainen M et al. Muscle injuries: biology and treatment. Am J Sports Med. 2005; 33:745-64.

Uma vez que a fase de destruição diminui, o presente reparo da lesão muscular começa com dois processos simultâneos e competitivos entre si: a regeneração da miofibrila rota e a formação do tecido conectivo cicatricial. Uma progressão balanceada destes processos é pré-requisito para uma ótima recuperação da função contrátil do músculo. Embora as miofibrilas sejam genericamente consideradas não mitóticas, a capacidade regenerativa do músculo esquelético é garantida por um

mecanismo intrínseco que restaura o aparato contrátil lesionado. Durante o desenvolvimento embrionário, um *pool* de reserva de células indiferenciadas, chamado de células satélites, é armazenado abaixo da lámina basal de cada miofibrila. Em resposta à lesão, estas células primeiramente se proliferam, diferenciam-se em miofibrilas e, finalmente, juntam-se a outras para formar miotúbulos multinucleados. Com o tempo, a cicatriz formada diminui de tamanho, levando as bordas da lesão à uma aderência maior entre si. Contudo, não se sabe se a transecção das miofibrilas dos lados opostos da cicatriz vai, definitivamente, se fundir entre si ou se irá formar um septo de tecido conectivo entre elas. Imediatamente após a lesão muscular, o intervalo formado entre a ruptura das fibras musculares é preenchido por hematoma. Dentro do primeiro dia, as células inflamatórias, incluindo os fagócitos, invadem o hematoma e começam a organizar o coágulo. A fibrina derivada do sangue e a fibronectina se intercalam para formar o tecido de granulação, uma armação inicial e ancoramento do local para os fibroblastos recrutados. Mais importante, este novo tecido formado provê a propriedade de tensão inicial para

resistir às contrações aplicadas contra ele.

Aproximadamente 10 dias após o trauma, a maturação da cicatriz atinge um ponto em que não é mais o local mais frágil da lesão muscular. Apesar de a maioria das lesões do músculo esquelético curar sem a formação de tecido cicatricial fibroso incapacitante, a proliferação dos fibroblastos pode ser excessiva, resultando na formação de tecido cicatricial denso dentro da lesão muscular. Um processo vital para a regeneração do músculo lesionado é a área de vascularização. A restauração do suprimento vascular é o primeiro sinal de regeneração e pré-requisito para as recuperações morfológica e funcional subsequentes.

### Diagnóstico

O diagnóstico da lesão muscular inicia-se com uma história clínica detalhada do trauma, seguida por um exame físico com a inspeção e palpação dos músculos envolvidos, assim como os testes de função com e sem resistência externa. O diagnóstico é fácil quando uma típica história de contusão muscular é acompanhada por um evidente edema ou uma equimose distal à lesão (Figura 2).

**Figura 2.** Contusão muscular e equimose da perna direita.



Fonte: IOT-HC-FMUSP, 2008.

### Exames complementares

Pequenos hematomas superficiais e aqueles que são profundos podem ser de difícil identificação. Exames de imagem como ultrassom, tomografia computadorizada e ressonância magnética provêem informações úteis para se verificar e determinar a lesão com maior precisão. A ultrassonografia (Figura 3) é tradicionalmente considerada o método de escolha para o diagnóstico da lesão muscular,

Visto que é um método de imagem relativamente barato e que possibilita avaliar dinamicamente a contração e rotura muscular. Possui a desvantagem de ser examinador-dependente. A ressonância magnética (Figura 4) substitui a ultrassonografia na avaliação de muitas doenças musculoesqueléticas. Possui boa sensibilidade para edemas, cálculo do tamanho do hematoma e

avaliação de desinserções musculotendíneas. Contudo, assim como a tomografia, é um exame estático.

**Figura 3** - Ultrassom - banda de constrição cicatricial na contração muscular.



Fonte: Ambulatório IOT-HC-FMUSP, 2008.

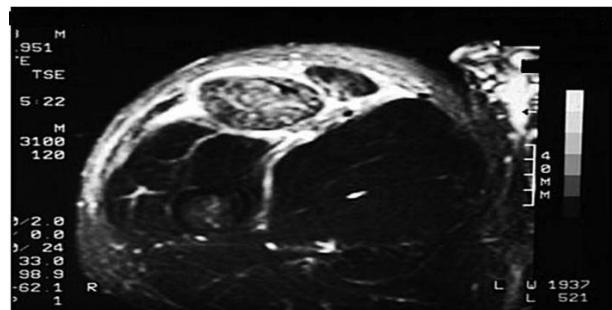
### Tratamento

Os atuais princípios de tratamento da lesão muscular são carentes de bases científicas sólidas. A mobilização precoce induz a um aumento da vascularização local na área da lesão, melhor regeneração das fibras musculares e melhor paralelismo entre a orientação das miofibrilas regeneradas em comparação à restrição do movimento.

Contudo, rupturas no sítio original do trauma são comuns se a mobilização ativa iniciar-se imediatamente após a lesão. Um curto período de imobilização com enfaixamento adesivo firme ou

similar é recomendado. Este período de repouso permite que o tecido cicatricial conecte novamente à falha muscular. O paciente deve utilizar um par de muletas para as lesões musculares mais graves dos membros inferiores, principalmente nos três a sete dias iniciais.

**Figura 4** - Ressonância magnética de lesão muscular.



Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

### Fase aguda

O tratamento imediato para a lesão do músculo esquelético ou qualquer tecido de partes moles é conhecido como princípio PRICE (Proteção, Repouso, Gelo ou Ice, Compressão e Elevação). A justificativa do uso do princípio PRICE é por ele ser muito prático, visto que as cinco medidas clamam por minimizar o sangramento do sítio da lesão. Colocando-se o membro lesionado em repouso logo após o trauma, previne-se uma retração muscular tardia ou formação de um *gap* muscular maior por se reduzir o tamanho do hematoma e, subsequentemente, o

tamanho do tecido conectivo cicatricial. Com relação ao uso do gelo, mostrou-se que o uso precoce de crioterapia está associado a um hematoma significativamente menor no gap das fibras musculares rompidas, menor inflamação e regeneração acelerada. De acordo com os conhecimentos atuais, é recomendada a combinação do uso de gelo e compressão por turnos de 15 a 20 minutos, repetidos entre intervalos de 30 a 60 minutos, visto que este tipo de protocolo resulta em 3° a 7°C de decaimento da temperatura intramuscular e a 50% de redução do fluxo sanguíneo intramuscular. Finalmente, a elevação do membro acima do nível docoração resulta na diminuição da pressão hidrostática, reduzindo o acúmulo de líquido no espaço intersticial.

### Medicação

Existem poucos estudos controlados utilizando anti-inflamatórios não hormonais (AINH) ou glicocorticoides no tratamento de lesões musculares em humanos. O'Grady *et al* reportaram que o uso de anti-inflamatórios no tratamento da necrose *in situ*, o tipo mais leve de lesão muscular, em curto prazo, resulta em uma melhora transitória na recuperação

da lesão muscular induzida pelo exercício. Apesar do fato da falta de evidência, os efeitos do AINH têm sido bem documentados. Järvinen defendeu que o uso em curto período na fase precoce da recuperação diminuiu a reação inflamatória celular sem efeitos colaterais no processo de cicatrização, na força tênsil ou na habilidade de contração muscular.

Além disso, os AINH não retardam as habilidades ativadas pelas células satélites em se proliferar ou a formação dos miotúbulos. Contudo, o uso crônico parece ser prejudicial no modelo de contração excêntrica nas lesões por estiramento como discutido por Mishra *et al*. Com relação ao uso de glicocorticoides, foram reportados atrasos na eliminação do hematoma e tecido necrótico, retardo no processo de regeneração e redução da força biomecânica do músculo lesionado.

### Tratamento pós-fase aguda

Treinamento isométrico (ie. contração muscular em que o comprimento do músculo se mantém constante e a tensão muda) pode ser iniciado sem o uso de pesos e posteriormente com o acréscimo deles. Especial atenção deve ser

tomada para garantir que todos os exercícios isométricos sejam realizados sem dor.

**Treinamento isotônico** (ie. contração muscular em que o tamanho do músculo muda e a tensão se mantém) pode ser iniciado quando o treino isométrico for realizado sem dor com cargas resistidas.

**O exercício isocinético** com carga mínima pode ser iniciado uma vez que os dois exercícios anteriores sejam realizados sem dor (Figura 5).

A aplicação local de calor ou “terapia de contraste” (quente e frio) pode ser de valor, acompanhado de cuidadoso alongamento passivo e ativo do músculo afetado. Ressalta-se que qualquer atividade de reabilitação deve ser iniciada com o aquecimento adequado do músculo lesionado. Outra razão para o alongamento é distender o tecido cicatricial maduro durante a fase em que ele ainda é plástico. Alongamentos da cicatriz sem dor podem ser adquiridos por estiramendos graduais, começando com turnos de 10 a 15 segundos e, então, progredindo para períodos de até um minuto.

Contudo, se os sintomas causados pela lesão não melhorarem entre três e cinco dias após o trauma, deve-se considerar a possibilidade

da existência de um hematoma intramuscular ou um tecido lesionado extenso que necessitará de atenção especial. A punção ou aspiração do hematoma pode ser necessária.

**Figura 5** - Exercício isocinético do joelho esquerdo.



**Fonte:** Laboratório de Estudo do Movimento (LEM) IOT HC-FMUSP, 2008.

### Ultrassom

O ultrassom terapêutico é difusamente recomendado e utilizado no tratamento da lesão muscular, embora exista vaga evidência científica de sua efetividade. O fato de o ultrassom produzir micromassagens pelas ondas de alta frequência, aparentemente, funciona para o alívio da dor.

### Tratamento cirúrgico

Há indicações precisas em que a intervenção cirúrgica é necessária. Estas indicações incluem: pacientes com grandes hematomas intramusculares, lesões ou roturas completas (grau III) com pouca ou nenhuma musculatura agonista associada e lesões parciais em que mais da metade do músculo esteja roto. A intervenção cirúrgica também pode ser considerada se o paciente se queixa de dor persistente à extensão por mais de quatro a seis meses, particularmente se houver déficit de extensão. Neste caso em particular, deve-se suspeitar de adesões por cicatrizes restringindo o movimento muscular no sítio da lesão.

Após o reparo cirúrgico, o músculo deve ser protegido por uma bandagem elástica ao redor do membro a fim de promover relativa imobilidade e compressão. A duração da imobilização naturalmente depende da gravidade do trauma. Pacientes com rotura completa do músculo quadríceps ou gastrocnêmio são instruídos a não colocarem carga no membro por pelo menos quatro semanas.

Se o *gap* ou falha muscular for excepcionalmente largo, a porção desnervada pode gerar um déficit neurológico permanente e consequente atrofia muscular. O reparo cirúrgico nestas

circunstâncias aumenta a chance de reinervação e o desenvolvimento de tecido cicatricial espesso pode ser evitado.

### Novas perspectivas

O uso terapêutico de fatores de crescimento e a terapia gênica, sozinhos ou em combinação, e a aplicação de células-tronco proporcionam as últimas e mais promissoras opções terapêuticas existentes. Contudo, há, no momento, pouca validação científica para a sua intensificação no tratamento de lesões do músculo esquelético.

Os fatores de crescimento e citocinas são potentes ativadores mitogênicos para inúmeras células, incluindo as MPC durante a regeneração das células musculares lesionadas. Portanto, são opções terapêuticas promissoras para auxiliar na recuperação da musculatura esquelética. Em relação às células tronco, recentemente mostrou-se que, em resposta à lesão, não somente as células tecido-específicas, como também as células tronco não musculares participam do processo de reparo. Os primeiros passos da terapia gênica já foram dados. Os estudos futuros irão demonstrar em que esfera a terapia gênica poderá

tornar realidade as atuais expectativas em relação ao tratamento dos traumas musculares.

## Apresentação Clínica

### Lesão muscular do quadríceps

A lesão distal do quadríceps é uma lesão pouco comum, ocorrendo mais frequentemente em indivíduos acima de 40 anos. A lesão pode ocorrer por motivo de trauma direto, mas classicamente é relatada como uma contração excêntrica forçada em posição de leve flexão do membro inferior na tentativa de se recuperar o equilíbrio em um momento de queda.

As roturas espontâneas e as roturas bilaterais foram descritas naqueles atletas com distúrbios metabólicos sistêmicos e com uso de esteroides. O diagnóstico de rotura é baseado nos achados clínicos. O paciente tipicamente apresenta, após uma queda com os joelhos fletidos, uma dor aguda acima da patela e a incapacidade de se manter na posição ortostática sem auxílio.

Durante o exame físico, o paciente não é capaz de estenderativamente o joelho e por muitas vezes existe um intervalo palpável acima da patela, conhecido como o “sinal do sulco” ou *gap test*. Os

pacientes são capazes de fletirativamente o joelho e possuem flexão e extensão passivas totais do joelho.

A radiografia simples é uma ferramenta barata para o diagnóstico da rotura. Apesar de não mostrar uma alteração específica da lesão, evidencia sinais indiretos da rotura. Edema de partes moles, derrame articular, calcificações, sombra da rotura do quadríceps e patela baixa são todos sinais indiretos vistos na radiografia simple. O ultrassom, assim como a radiografia simples, é outro método barato para se diagnosticar a lesão muscular. A ressonância magnética é particularmente útil para melhor visualização, precisão da localização e extensão da lesão e dos detalhes anatômicos para a programação pré-operatória (Figura 6).

**Figura 6** - Ressonância magnética sagital do joelho ponderada em T1 (A) e T2 (B) evidenciando lesão do tendão quadriçiptal.



**Fonte:** Modificado de: Armfield DR et al. Sports-related muscle injury in the lower extremity. Clin Sports Med. 2006 25(4):803-42.

Para as roturas musculares completas, o tratamento é cirúrgico.

O tratamento cirúrgico precoce nestes casos está associado aos melhores resultados funcionais (Figura 7). Já o atraso no reparo cirúrgico está associado a um período de fisioterapia prolongado, flexão inadequada e perda de extensão total do joelho. Após o reparo cirúrgico, os pacientes têm o joelho imobilizado por quatro a seis semanas.

**Figura 7.** Reparo aberto da lesão do músculo quadríctiptal com reforço do tendão do m. semitendíneo.



Fonte: IOT HC-FMUSP, 2008.

### Lesão dos Músculos Isquiotibiais

Os músculos isquiotibiais são os menos alongados do membro inferior e, por este motivo, mais facilmente lesionados durante a contração muscular excêntrica. A gravidade da lesão é geralmente negligenciada, especialmente na fase aguda. O estiramento dos isquiotibiais é a lesão mais comum nos atletas.

O diagnóstico da lesão normalmente é realizado a partir de

um alto índice de suspeita clínica e exame clínico cuidadoso. A ressonância magnética é valiosa para se diferenciar entre uma lesão completa ou incompleta e para o planejamento do tratamento (Figura 8).

A rotura completa dos músculos isquiotibiais proximalmente em sua origem é rara. A condução do caso varia entre o tratamento conservador com um imobilizador em flexão ou o reparo cirúrgico em um segundo momento. Embora o reparo cirúrgico em um segundo tempo possa apresentar bons resultados, o reparo precoce permite uma reabilitação funcional mais rápida e evita o sintoma neurológico potencial de ciática glútea.

### Lesão da Musculatura Adutora

O grupo muscular adutor atua em conjunto com os músculos abdominais baixos para se estabilizar a pelve durante as atividades dos membros inferiores. Os atletas que participam de atividades que requerem chutes repetitivos, arranques ou mudanças de direção frequentes possuem maior incidência de dor crônica na topografia dos adutores.

**Figura 8** - Ressonância magnética da coxa de um atleta com rotura completa dos mm. isquiotibiais e hematoma.



**Fonte:** Modificado de Koulouris G et al. Hamstring muscle complex: an imaging review. Radiographics. 2005;25(3):571-86.

Há evidências de que atletas com fraqueza dos músculos adutores, desequilíbrio entre adutores e abdutores (Figura 9) e diminuição da amplitude do movimento do quadril estão mais propensos a adquirirem pubalgia durante a temporada.

Os pacientes tipicamente apresentam um dolorimento na região da virilha ou dor medial na coxa, podendo relatar ou não um fator desencadeante. Ao exame físico, apresenta-se uma dor à palpação com edema focal ao longo dos músculos adutores e diminuição da força muscular e dor ao exercício resistido de adução dos quadris. O diagnóstico pode ser realizado com os achados do exame físico. Contudo, a ressonância magnética com contraste pode ser útil para se confirmar o diagnóstico ou realizar-

se o diagnóstico diferencial entre osteíte púbica e hérnia do esporte. O tratamento inicial é conservador. A infiltração da entese do adutor longo pode ser útil para o tratamento refratário. Nos casos de rotura aguda, o reparo cirúrgico aberto com colocação de âncoras e sutura tem sido descrito com bons resultados. Os pacientes poderão retomar o esporte após o retorno ao padrão prévio de fortalecimento e amplitude de movimento do quadril e a resolução do quadro álgico. Devido à predisposição da lesão do adutor ser causada pelo desequilíbrio muscular, deve-se ter atenção para o fortalecimento da musculatura a fim de se prevenir novas lesões.

**Figura 9** - Avaliação isocinética dos mm. adutores e abdutores.



**Fonte:** LEM - IOT-HC-FMUSP (2009)

### Lesão dos Músculos Gastrocnêmios

Assim como os músculos isquiotibiais e quadríceps, o gastrocnêmio é propenso a lesões,

pois cruza duas articulações. A cabeça medial do gastrocnêmio é mais comumente lesionada do que a lateral, visto que esta é mais ativa. A trombose venosa profunda pode estar associada ou ser um diagnóstico diferencial de dor na panturrilha, assim como a tromboflebite.

O termo tennis leg tem sido utilizado para se descrever a dor e a lesão na panturrilha. O termo é atribuído ao movimento do saque no tênis em que há uma extensão completa do joelho associada a uma dorsiflexão do tornozelo abrupta provocando o máximo alongamento da panturrilha. Contudo, esta lesão foi descrita também em atletas jovens durante períodos de exercícios extenuantes como basquete, corrida e musculação.

O aparecimento da dor é repentino com edema focal e ecmose da panturrilha. Classicamente, o tennis leg é referido como uma lesão da junção miotendínea distal, embora a lesão proximal possa ocorrer. Por causa da natureza superficial da lesão, a avaliação ultrassonográfica é confiável, possibilita facilmente excluir a presença de trombose venosa profunda e provê a aspiração de colecções líquidas guiadas por imagem.

O tratamento da maioria das

lesões do gastrocnêmio é conservador. Ocasionalmente, deve-se realizar cirurgia para se drenar hematomas, reparar uma lesão grau III ou realizar uma descompressão compartmental nos casos de síndrome compartmental.

A compreensão dos mecanismos fisiopatológicos que regulam a reparação muscular e sua adaptação ao treinamento físico são essenciais para o profissional que se propõe a tratar destes pacientes. São a base para o desenvolvimento dos meios de prevenção de lesões e para o tratamento adequado e reabilitação das lesões instaladas. A respeito do tempo apropriado de retorno ao treino específico para o esporte, a decisão pode ser baseada em duas simples e pouco onerosas medidas: a habilidade de alongar o músculo lesionado tanto quanto o lado contralateral sadio, e ausência da dor no músculo lesionado em movimentos básicos.

Quando o paciente refere alcançar este ponto na recuperação, a permissão de se iniciar gradualmente os exercícios específicos para o esporte é garantida. Contudo, sempre deve ser enfatizado que a fase final de reabilitação deve ser realizada sob supervisão de profissional capacitado.



GRUPO EDUCACIONAL  
**IBRA**

## 7. Motivos de Aderência e Permanência em Programas de Musculação



As imposições da sociedade moderna, quanto ao perfil da aparência e saúde, estabelecem indivíduos de corpo esbelto e magreza, ressaltando a estética como um objetivo almejado como fator de bem-estar físico e social, levando a um grande número de pessoas a iniciarem programas de exercício físico como a musculação, identificando-se os benefícios adquiridos, de acordo com o seu interesse de estética ou mesmo de saúde, com o programa como um fator de aderência e motivação a

permanência por períodos prolongados da vida em programas de musculação nas academias.

O programa de musculação tem sua origem relacionada a busca da força para vencer lutas e apresentações exibicionistas dos músculos desenvolvidos surgindo desse ideal o culturismo, que preserva, ainda hoje, os interesses do corpo com músculos definidos voltados a competições e ao marketing. A musculação, no entanto, abrangeu outros interesses, voltando também para a área da

saúde, sendo contemplada em programas específicos de reabilitação e prevenção, como também para a qualidade de vida relacionada ao bem-estar físico e social, estando associado a divulgação pelos meios de comunicação, atingindo grande parcela populacional.

### História e Evolução da Musculação

A história da musculação é muito antiga existindo relatos que datam do início dos tempos afirmado a prática de exercícios com pesos. Em escavações na cidade de Olímpia foram encontraram pedras com entalhes para as mãos permitindo aos historiadores intuir a utilização destas em treinamentos com pesos. Há registros de jogos de arremessos de pedras através de gravuras em paredes de capelas funerárias do Egito antigo mostrando que há 4.500 anos atrás os homens já levantavam pesos como forma de exercício físico.

A história de Milon de Crotona discípulo do matemático Pitágoras (500 à 580 a.C.), seis vezes vencedor dos Jogos Olímpicos, ilustra um dos métodos de treinamento mais antigos da humanidade, cujo princípio fundamental e utilizado até hoje, isto é, a evolução

progressiva da carga. Milon treinava com um bezerro nas costas a fim de aumentar a força dos membros inferiores, e quanto mais pesado o bezerro ficava, mais sua força aumentava. Os relatos mostram que Milon foi um dos primeiros a se preocupar com a suplementação alimentar e que ele comia por dia 9 kg de carne, 9 kg de pão e 10 litros de vinho - gerando um total de 57 mil kcal. Ele também era capaz de matar um boi com as mãos e comê-lo sozinho. O nome da cidade de Milão é em sua homenagem. Diz a lenda que morreu devorado por lobos, pois ficou preso ao dar um golpe em uma árvore.

Os primeiros Jogos Olímpicos da era moderna, em Atenas (1896) envolveram 14 países, 241 atletas tiveram uma duração de 10 dias e foram assistidos por 280 mil pessoas. Eles foram marcados por uma precária organização, infraestrutura, qualidade técnica, respeito às regras e, não admissão de mulheres nas provas, contudo, os levantamentos de peso já faziam parte das 43 provas entre os 9 esportes olímpicos da época. No levantamento de pesos com as duas mãos o campeão foi o dinamarquês Viggo Jensen e na exótica prova do levantamento de peso categoria “um braço” o campeão foi o britânico Launceston Elliott que passou a

posar seminu, exibindo seu físico para revistas de fotografias. Fato que gerou um escândalo que levou à não realização da prova na Olimpíada seguinte em Paris (1900). O levantamento de peso retornou na Olimpíada Seguinte em Saint Louis (1904).

A história mostra que a partir do final do século XIX o chamado “culturismo”, juntamente com o “halterofilismo”, tinha suas atenções voltadas para as companhias circenses e teatros, onde eram apresentados “os homens mais fortes do mundo”. Nomes expressivos daquela época tais como Louis Attila, Eugen Sandow e Charles Samson participavam de exibições e confrontos, disputando este título. Attila, em 1887, na Europa, durante o jubileu da Rainha Vitória, recebeu do Príncipe de Gales uma pequena estátua com a figura de Hércules cravejada com 36 diamantes, o que o tornou famoso. Como consequência disto, pessoas de todo o mundo viram no desenvolvimento dos seus músculos uma forma de enriquecer. Ginásios foram abertos por toda a Europa, que na época era o berço dos homens fortes. Attila fundou o seu ginásio em Bruxelas onde e recebia alunos da Universidade de Leyden, gerando grandes nomes como Frederick Muller. Este, num

confronto com Charles Samson, venceu-o, e tempo depois foi vencido por Sandow, denominado na época como “Aristocrata dos Culturistas”.

Eugen Sandow nascido na Alemanha em 1867 se converteu em um ídolo do esporte e por 30 anos foi considerado o melhor físico do mundo. Aos 16 anos já apresentava um físico bem desenvolvido, que mostrava que tinha um potencial genético favorável. Trabalhou em circo com a intenção de correr o mundo, e com isso adquiriu ali a base para um grande desenvolvimento muscular. Porém o circo em que trabalhava foi à falência em Bruxelas e ele se viu sem emprego. Conheceu ali o professor Attila que viu em Sandow um grande potencial de atleta. Attila o tomou como pupilo e o ensinou a treinar com pesos e a posar. Passaram então a fazer exibições em várias cidades com demonstrações de força.

Em 1889 se separaram e Sandow foi rodar a Europa, sem destino certo terminando em Veneza. Em Veneza um artista americano chamado Aubrey Hunt surpreendeu Sandow banhando-se em um lago, que resolveu pintá-lo em um lenço. Esta peça hoje se encontra na coleção particular de Joe Weider. Sandow então passou a ser desafiado para provas de força.

Retornando à Londres resolveu encarar um desafio que era lançado por dois homens fortes da época e que pagavam 500 libras esterlinas quem conseguisse superá-los. Até Sandow aparecer ninguém tinha conseguido, ele então facilmente venceu o desafio e a partir daí começaram exibições por toda Inglaterra. Por quatro anos Sandow percorreu a Inglaterra com exibições de força e poses. Até que em 1893 um empresário americano o convenceu que fosse para os EUA. Nos EUA ele não se deu muito bem. Mas em uma exibição na Alemanha, conheceu o mais célebre empresário de espetáculos de todos os tempos, Ziegfeld, que percebeu que Sandow era uma figura muito admirada pelas mulheres.

Ele o levou para a Exposição Mundial Comemorativa do Descobrimento da América, em Chicago. Alugou um teatro e preparou uma aparição diferente do habitual que eram apresentações de musculosos com peles de leopardo. Quando todos menos esperavam entra Eugene Sandow com uma simples sunga. As mulheres foram à loucura. O êxito foi fantástico e com isso rodaram Canadá e EUA. Em São Francisco Sandow lutou e venceu um leão (previamente drogado e desdentado). Fazia shows particulares para mulheres, shows

de levantamento de pesos que até hoje não foram superados, porém depois de alguns anos fazendo isso sem descanso entrou em colapso nervoso. Regressou a Inglaterra onde se casou com uma garota muito bela chamada Blanche Brrokes. Recuperou-se física e mentalmente, e a partir daí se dedicou a abrir ginásios de cultura física e reformular os hábitos alimentares das pessoas. Abriu com êxito escolas de cultura física por toda Inglaterra.

Iniciou uma revista em 1898 - "Sandow Magazine", publicou vários livros inclusive uma obra que deu nome ao esporte internacionalmente: "*Bodybuilding, or Man in the Making*". Inventou aparelhos e criou cursos de ginástica por correspondência que foram verdadeiros marcos na cultura física, foi um dos primeiros defensores do ensino da educação física em colégios e escolas, desenvolveu exercícios para reduzir as dores do parto, pediu a empresários que deixassem que os assalariados fizessem um pouco de ginástica por dia, o que talvez sugere que ele seja também o criador da ginástica laboral. Foi talvez o primeiro *personal trainer* da história, pois era professor particular dos reis Eduardo VII e George V, da Inglaterra. Foi um

benfeitor da humanidade no que tange o aspecto do treinamento com pesos, da cultura física, do exercício, da educação física. Não era santo, sentia uma fraqueza por mulheres que também o assediavam. Isso causou muitos problemas ao seu casamento.

Morreu em 1925 tentando tirar o seu carro que caiu em um buraco após ter derrapado na estrada. Com o esforço teve uma hemorragia cerebral, provavelmente não só do esforço, mas também da queda e batida do carro. Foi enterrado como indigente, devido a problemas com a mulher, no cemitério londrino de Putney Vale. O homem que foi intitulado pelo rei George I da Inglaterra como: "Professor da Ciência da Cultura Física de sua Majestade", hoje está imortalizado pela homenagem de Joe Weider que escolheu sua imagem (segurando uma barra com pesos de bola) para o troféu de premiação para o maior evento do mundo de musculação que é o Mr.Olympia. Neste sentido, Eugen Sandow (1867- 1925) deve ser respeitado e perpetuado um dos grandes homens de todos os tempos na Musculação. O Culturismo propriamente dito, surgiu do halterofilismo competitivo, na década de 1940, através do halterofilista canadense Josef (Joe)

Weider, cuja iniciação no culturismo aconteceu em 1939, quando ele por acaso teve acesso a uma revista de halterofilismo. Joe decidiu então construir e modelar seu corpo com o propósito de afugentar e se proteger dos tipos brigões que assolavam a vizinhança onde morava em Montreal.

Weider foi a um ferro-velho onde forjou duas barras com anilhas a partir de rodas e eixos de automóveis e começou a treinar em casa. Quando começou a notar o aparecimento dos resultados de seu treinamento, convenceu-se de que, como ele, outras pessoas gostariam também de se beneficiar do treinamento com pesos. Com os \$7,00 que tinha, Joe iniciou a publicação de um informativo chamado "*Your Physique*". Um ano depois, definiu seu esporte como algo diferente do halterofilismo de competição, o que implicava num tipo de treinamento que utilizava especificamente movimentos compostos, cujo único propósito era desenvolver tamanho muscular em uma proporção equilibrada, dentro de determinados padrões que seguiam determinadas regras. Seus métodos eram empíricos, já que observava, estudava e mesclava técnicas de halterofilistas uma vez que a ciência do treinamento desportivo e a fisiologia de exercício

ainda estavam em seu início. Logo descobriu que o êxito para este novo esporte se baseava antes de tudo em velocidade, técnica e, sobretudo, potência, porque ajuda o desenvolvimento físico.

Preocupado também com a alimentação dos atletas, Joe pesquisou fontes de nutrição que acreditava ser alimentação saudável, como, por exemplo, uma taça de aveia com fruta cortada em pedaços, acompanhada de suplementos. O treinamento com pesos e a dieta adequada seriam a medicina preventiva do século 21. Atualmente, os treinamentos com pesos (ou treinamento resistido) são requisitos prévios para melhorar o rendimento em todos os esportes. Uma dieta baixa em gordura, rica em proteínas de alta qualidade e carboidratos complexos complementaria a parte nutricional dos atletas que desejam aumentar a sua massa muscular.

### A Prática do Exercício Físico e a Sociedade Moderna

A vida moderna, muitas vezes, tende a ser pouco saudável, uma vez que provoca estresse e estafa, agravada por uma alimentação inadequada e pela não regularidade na prática de exercícios físicos. Com

todos esses fatores mencionados, a qualidade de vida da população pode ficar bastante abalada, tanto em nível físico quanto psicológico. Cada vez mais pessoas tornam-se completamente sedentárias, sendo, justamente, estas as quem mais teriam a ganhar com a prática regular de atividades físicas, seja como forma de prevenir doenças, promover saúde ou bem-estar. As academias tornaram-se uma opção para a população urbana, que adere ao exercício físico, com o intuito de obter melhorias em seu bem-estar geral, conforme salienta Saba (2001). A partir da década de 70, procurou-se a aderência às atividades oferecidas em academias, como opção de ginástica fora dos clubes, com objetivos variados, desde a estética corporal à compensação ou correção de problemas físicos, controle do peso, melhoria da flexibilidade, redução dos níveis de estresse ou divertimento. Alguns autores apresentam suas contribuições no sentido de identificar a compreensão do termo de aderência. Entende-se como aderência, conforme explicita Barbanti (1994), a participação mantida constante em programas de exercícios, considerados nas formas individual ou coletiva, previamente estruturados ou não.

As influências sociais da família e amigos são, também, de extrema importância à manutenção da atividade física, pois esse suporte social incentiva o praticante a manter o interesse em continuar fisicamente ativo. A mídia, de certa forma, vem contribuindo para a superlotação das academias de ginástica, uma vez que são várias as revistas, jornais e televisão que divulgam corpos perfeitos e modelados, os típicos “malhados”. Esse fato acaba por contribuir para que haja uma grande procura pelos centros especializados de treinamento, incluindo aí as academias.

Os fatores de aderência, apresentados por King e

colaboradores (1998) sugere duas etapas distintas, associadas à adoção e manutenção de um estilo de vida ativo. Para a adoção, há a dependência de três aspectos: fatores de ordem pessoal, ambiental ou social e relacionado ao programa de atividade física que poderá ser escolhido (Tabela I). Esse modelo orienta em qual direção haverá a interação entre adoção e manutenção de um estilo de vida ativo. Por outro lado, a passagem do nível de adoção de um estilo de vida ativo, para a manutenção, dependerá de atitudes pessoais, como hábitos de fumar, tempo de atividade, motivação pessoal, características do programa de exercícios e, principalmente, do

**Tabela 1** – Modelo de fatores para a adoção de estilo de vida ativo

Pessoais		Programa	Ambiental/Social
<b>Adoção</b>	Idade, gênero	Conveniência	Disponibilidade
	Educação	Intensidade	Local e clima
	Ocupação	Escolhas	
	Peso		
	Tabagismo	Custos	
	Atitudes / crenças		
<b>Manutenção</b>	Tabagismo	Conveniência	Estímulo grupo social
	Peso	Intensidade	Reforço positivo
	Tempo atividade	Flexibilidade	Redução barreiras
	Motivação	Habilidade	

**Fonte:** King e colaboradores (1998)

estímulo do grupo social (amigos, família).

Embora a análise da relação entre os aspectos pessoais e ambientais seja complexo, a explicação da aderência e manutenção de um estilo de vida muito depende da utilização de mecanismos educacionais, criados para a mudança do nível de atividade física, sendo interessante estimular indivíduos a mudarem o nível de atividade física (sedentário → irregularmente ativo → ativo → muito ativo).

A importância na divulgação da mensagem, através da mídia escrita, televisiva e radiofônica, em paralelo à elaboração de materiais informativos, são pontos que convergem para a possibilidade de mudança de comportamento, frente ao envolvimento em atividade física. A associação entre as etapas de adoção para o estágio de manutenção de um estilo de vida ativo requer atenção especial de pesquisadores e profissionais de saúde, para que possam dirigir, com a maior eficácia, as mensagens para diferentes grupos populacionais. Seria interessante observar que, em função da interferência de fatores pessoais e ambientais na aderência de um estilo de vida ativo, sejam distintos a escolha da metodologia de intervenção deveria seguir

características específicas. Assim, a mídia de massa, por exemplo, apresenta uma forte contribuição na informação populacional sobre os benefícios de um estilo de vida ativo. A mídia televisiva é apontada como um dos meios mais rápidos de informação populacional que, potencialmente, pode ser associada à mudança de comportamento. Seria interessante ressaltar que o comportamento ativo sofre interferências da dinâmica de vida dos indivíduos (trabalho, aspectos corporais, fatores psicológicos, crenças e conhecimentos) e de fatores ambientais (segurança, moradia, aspectos econômicos, saúde básica, educação, transporte e locais) que podem ter uma relação determinante para o envolvimento populacional em atividades físicas. Essa inter-relação entre fatores pessoais *versus* fatores ambientais permite explicar a aderência a um estilo de vida ativo, baseado nas atitudes, durante a vida. A perspectiva de mudança de comportamento populacional vincula-se a interferências das barreiras pessoais e ambientais, sendo que as barreiras pessoais são mais facilmente modificáveis que as ambientais, o que permite, inicialmente, a mudança de estilo de vida.

A população está cada vez

mais se preocupando com a melhoria da qualidade de vida e essa conscientização, a respeito da importância do exercício físico. Segundo Saba (2001), a atividade física é benéfica tanto no aspecto biológico, como também no nível psicológico. Esse autor aponta melhorias na capacidade cardiorrespiratória, aumento na expectativa de vida, entre outras, como exemplos de benefícios que a prática do exercício proporciona às pessoas. No nível psicológico, os aspectos positivos relacionam-se ao aprimoramento dos níveis de auto-estima, da auto-imagem, diminuição dos níveis de estresse e tantos outros.

Os efeitos positivos sobre os aspectos psicológicos originam-se do prazer obtido na atividade realizada e posterior bem-estar, os quais resultam da satisfação das necessidades ou do sucesso no desempenho das habilidades em desafio. O que leva o ser humano a atingir alguns objetivos em sua vida são alguns fatores e valores próprios, desencadeados pela sociedade na pessoa. Como cita Saba (2001), alguns fatores influenciadores para aderência em programas de exercício físico, são:

- **Prazer:** quando fazemos algo com prazer, aumenta o interesse e se isso for em

alguma atividade física, este prazer o manterá na atividade, ao mesmo tempo em que desencadeará a condição de bem-estar.

- **Sensação de satisfação:** este é um importante fator, pois há sensação de satisfação originada pelos ganhos de bem-estar físico e psicológico; o sentimento de conforto em relação à aparência, oferece segurança em público, e mantém a pessoa na prática de atividade física.  
**Envolvimento do praticante:** com exercícios e esportes em seu histórico pessoal, ou seja, pessoas que já eram ativas no passado, provavelmente criam um sentimento de auto-confiança e auto-motivação para a prática atual.
- **Acesso fácil:** em locais que possuem um programa supervisionado de exercícios físico e oferecem uma assistência adequada de orientação, podendo ser um fator motivante. Outros aspectos que devemos levar em conta é a distância, preço e acessibilidade. Fatores alegados como motivo de desistência são a distância e preço.
- **Fatores psicológicos:** acredita-se que com o aumento da auto-estima a pessoa se sinta satisfeita, após realizar atividade física/

- **exercício físico e crie um “vício positivo”.**
- **Mídia:** é a principal vendedora de padrões de saúde, beleza, qualidade de vida e bem-estar. É impulsionadora do corpo sadio e belo. Cria um modelo de corpo e as pessoas correm à prática da atividade física para tentar se aproximarem dos padrões de estética estipulada pela mídia e sociedade.
- **Grupo social:** segundo fator que influencia psicologicamente a realização da prática de exercícios. Quando há apoio da família e amigos, a prática será mantida.
- As relações entre a atividade física, o exercício regular e a saúde constituem-se em assunto pertinente e atual, onde através de pesquisas pelos profissionais de educação física, fisiologistas e alguns médicos, ressaltam as relações entre o estilo de vida mais ativo e a saúde como um todo, sendo que o exercício é importante para a prevenção e tratamento de recuperação física.

### **Benefícios Adquiridos Com A Aderência em Programas de Musculação**

Para a maioria das pessoas iniciar e manter níveis satisfatórios de atividade física e alcançar boa

condição nos componentes básicos da aptidão física e manutenção da saúde, requer certo esforço individual. Nas sociedades urbanas e modernas, níveis adequados de atividade física e de aptidão física, somente são mantidos quando uma forte motivação está continuamente presente, sendo assim, quando o indivíduo percebe os benefícios deste comportamento como de grande valor para sua vida, superando as dificuldades para realizar tais ações, e quando as forças sociais oferecem mais facilitadores do que barreiras.

A motivação para a prática regular de atividades físicas / exercícios físicos é resultante de uma complexa interação de variáveis psicológicas, sociais, ambientais e genéticas. Enquanto alguns fatores que influenciam o comportamento são difíceis de modificar (hereditariedade, escolaridade...) outros são modificáveis através da informação, do desenvolvimento de habilidades, de experiências agradáveis.

Segundo Nahas (2001), as pessoas estão se exercitando por diferentes razões, geralmente uma combinação de vários motivos. Nas sociedades modernas, os valores de aptidão física, corpo esbelto e magreza, principalmente, estão em alta.

As razões mais citadas para se exercitar são: controle de peso; estética corporal; prevenção ou controle de hipertensão e doenças cardiovasculares; controle do estresse, depressão e ansiedade; diversão e recreação; fortalecimento da auto-estima; socialização.

O público, reconhece a importância da atividade física no controle das doenças cardiovasculares, nos benefícios quanto à saúde e bem-estar físico, psíquico e social, mas observa-se que muitas pessoas ainda estão na inatividade. Devido aos grandes estudos feitos sobre prevalência de sedentarismo, de aderência a programas supervisionados ou não, de doenças cardiovasculares, de hábitos nocivos à saúde, de qualidade de vida, etc, também pelo surgimento de declarações e relatórios, promovendo a atividade física, por diversos órgãos, como o Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM), Associação Americana do Coração (AHA), agências governamentais, entre outros.

O treinamento contra resistência está entre o tipo de exercício mais conhecido e praticado entre todas as modalidades de treinamento. Apesar de algumas pessoas que se exercitam regularmente praticarem apenas

atividades aeróbicas, muitas outras estão adicionando o treinamento contra resistência a seus programas. Este tipo de exercício pode ser a atividade mais importante que uma pessoa executa para preservar e melhorar a sua qualidade de vida. Nada fortalece tanto os músculos, articulações e ossos como o treinamento contra resistência.

Além de fortalecer o corpo, pode ser usado para ajudar a corrigir os desequilíbrios da musculatura, na reabilitação e prevenção de contusões, podendo também, combater certas doenças como diabetes, artrite, pressão arterial e as doenças cardíacas. Segundo Aaberg (2001): Um bom programa de treinamento contra resistência, quando executado por um período prolongado de nossa vida, pode fazer uma diferença muito grande na maneira pela qual esse fenômeno nos afeta. Do ponto de vista estético, esse treinamento modela, melhora e até esculpi o corpo humano de uma maneira exclusiva. Ele desenvolve músculos que dão forma ao corpo.

Além disso, em virtude do aumento metabólico associado ao ganho de tecido magro, ele também é um fator essencial na redução de gordura corporal.

Muitos estudos estão sendo feitos para mostrar a importância da musculação para a saúde.

Desencadeando um crescente número de academias, triplicando o número de adeptos de todas as faixas etárias e condições, tornando com isso, um local de fácil acesso para a disseminação da atividade física / exercício físico. Explica-se isso expondo que em parte é devido a sua grande gama de objetivos em que os indivíduos podem se beneficiar (Saba, 2001).

Pessoas esportistas ou não, mas que desejam aptidão física para os esforços da vida diária e do trabalho, também podem buscar em um programa de exercícios progressivos supervisionados na musculação, para atendimento de seus objetivos, devido a sua aplicação ser enorme e abrangente, estando direcionado a vários aspectos, tais como Bittencourt (1986) coloca:

- **Competitivo** - Compreende os levantamentos básicos, supino, agachamento, e culturismo ao corpo;
- **Profilático** - É uma arma em relação às lesões músculo - articulares. Reduz, evita muitas lesões desportivas e prolonga a vida atlética dos indivíduos;
- **Terapêutico** - Em casos mais comuns, serve para o fortalecimento muscular e articular, auxílio na correção de vícios naturais e em deformações musculares;

### Como meio de recreação e estético

Pode ser uma forma de lazer, mas é uma maneira de moldar as formas corporais;

Como meio de preparação física - É um dos componentes do treinamento desportivo.

Nela a musculação atua auxiliando o desenvolvimento das qualidades físicas relativas de força e de resistência muscular localizada. Nas diversas faixas etárias ela pode ser empregada, mas no caso das pessoas idosas, a musculação tornou-se de grande importância, sendo igualmente aos exercícios aeróbios, defendida e indicada pelos médicos, para que as pessoas ao atingirem uma certa idade, mantenham a autonomia e a independência funcional. A musculação trás os seguintes benefícios para os indivíduos, principalmente aos idosos:

- Eleva a taxa metabólica basal, facilitando a redução do tecido adiposo;
- Aumenta a quantidade de tecido com sensibilidade à insulina aumentada e, portanto captador de glicose;
- Aumenta a proteção de articulações anatomicamente instáveis por sedentarismo, processos degenerativos ou

- inflamatórios, diminuição das dores Diminui a possibilidade de quedas por facilitar a recuperação postural nas situações de desequilíbrio do corpo;
- Possibilita a realização de tarefas comuns que exigem força muscular, como levantar cadeiras, subir escadas e deslocar objetos pesados;
  - Diminui a freqüência cardíaca e a pressão arterial durante os esforços da vida diária, etc.

Desenvolve-se força de várias formas, mas os estímulos devem ser específicos ao interesse e condições de cada pessoa, desde pessoas já treinadas e até em indivíduos previamente sedentários, visando sempre melhorias estéticas e acima de tudo, saúde. O incentivo dado a população pela informação, quanto a motivação para a aderência à programas de exercícios físicos regulares, oferecidos por academias de musculação, e os benefícios adquiridos com essa prática constituem-se como uma alternativa atraente para a promoção de um estilo de vida. Procurou-se, portanto, identificar os motivos preponderantes que levam os indivíduos a aderirem e permanecerem em programas de musculação por período prolongado.

### Histórico do Método “*STS – Strength Training Strategies*” de Musculação Terapêutica

A partir da década de 90, houve um aumento significativo de produções científicas que comprovassem os benefícios dos exercícios resistidos (glicolíticos) sobre as populações especiais, onde se enquadram os idosos, diabéticos, hipertensos e obesos. Já que a referência de exercício físico para esta população seria a aplicação de exercícios aeróbios (oxidativos), poucas eram os métodos ou técnicas que direcionavam seus focos para o exercício resistido, ou musculação propriamente dita. Aproveitando estes referenciais científicos, o CEBRAF – Centro Brasileiro de Fisioterapia, sob a coordenação do Professor Ricardo Wallace das Chagas Lucas, iniciou a formatação do Método STS (*Strength Training Strategies*) de Musculação Terapêutica.

O STS é a abreviação da aplicação de “estratégias para a aplicação de treinamentos e tratamentos de força”, já que o termo “*Strength Training*” era (e ainda é) encontrado em grande número de produções científicas relativas ao exercício resistido ou musculação.

## Em Quem Pode ser Aplicado?

Pesquisas têm mostrado que a musculação, ou exercícios físicos resistidos são seguros e eficazes para as mulheres e homens de todas as idades, incluindo aqueles que não estão em perfeita saúde. Na verdade, as pessoas com problemas de saúde, incluindo doenças cardíacas ou auto-imunes, são muitas vezes os mais beneficiados por um programa de exercícios que inclui manuseamento de pesos, algumas vezes por semana. O treinamento de força, especialmente em conjunto com exercícios aeróbios (oxidativos) regulares, também pode ter um profundo impacto sobre a saúde mental e emocional de uma pessoa. Há inúmeros benefícios ao treinamento de força regular. Ele pode ser muito poderoso na redução dos sinais e sintomas de várias doenças e condições crônicas, dentre elas: Artrite; Diabetes; Osteoporose; Obesidade; Lombalgias; Depressão; Doenças Arteriais Coronarianas; Acidentes Vasculares Encefálicos, Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica. Produz benefícios ainda em transplantes de órgãos, em Programas de ginástica laboral e até em disfunções físico-funcionais de crianças e adolescentes.

## Quem Pode Aplicá-Lo?

Profissionais formados (no Brasil) nas faculdades de Fisioterapia e Educação Física, pois ambas são oriundas da Ciência do Movimento Humano, e como partes deste grande universo de estudo, se caracterizam hoje como áreas de atuação do mesmo.

Assim, racionalmente, devemos entender que são vários os conceitos da Ciência do Movimento Humano que podem ser aplicados nestas áreas de atuação, caracterizadas hoje como profissões constituídas, cada uma com o seu respectivo Conselho. Dentre estes conceitos podemos citar todas as bases anatomo-fisiológicas do movimento, englobando aí a biomecânica e o metabolismo energético. Movimento este que pode estar comprometido em situações de baixo rendimento físico (sedentarismo ou doença instalada) ou de alto rendimento físico (desportistas e atletas). Desta forma, a utilização de ferramentas ou recursos baseados nestes conceitos, que podemos entender até como técnicas, devem e podem ser usadas por ambas as profissões, cada uma no seu universo de atuação. Não podemos então afirmar que o Método *STS – Strength Training Strategies* seja de uma ou de outra

profissão, devemos sim compreender que determinados conceitos podem ser utilizados pela Fisioterapia ou pela Educação Física.

## Como Ele é Aplicado?

Os fundamentos do Método STS podem ser aplicados de 03 (três) formas:

- Completa: Quando a sessão é 100% personalizada. Oferece o maior controle metabólico e periodização individual. É fundamental nas ações de emagrecimento controlado, correção postural, controle de problemas metabólicos (diabetes, SIDA, transplantes...) e melhora da *performance* esportiva.
- Para Grupos Homogêneos: Quando as sessões objetivam atender grupos com perfis físicos-funcionais semelhantes, ou clínicos semelhantes. Como exemplo, podemos citar indivíduos com estratificação de riscos similares para Reabilitação Cárdiopulmonar e Metabólica, Reabilitação Pulmonar, Grupos de ginástica laboral, e Turmas de ginástica em academias.

Para recuperação ou potencialização de partes isoladas do corpo (segmentos):

- Quando necessitamos tratar ou treinar um determinado membro ou

articulação, como por exemplo, um pós operatório de ligamento cruzado anterior, ou treinamento específico para melhora de performance em um ombro de nadador.

## Fundamentos

### Movimentos Funcionais

- O Método *STS (Strength Training Strategies)* de Musculação Terapêutica tem como especificidade, a aplicação de movimentos contra-resistência sob os perfis mais naturais possíveis de ação, à luz de um metabolismo energético totalmente mensurável, e baseado na capacidade de adaptação e variabilidade do sistema cardiorespiratório. Entendemos, que em função de todas as bases neurológicas, fisiológicas e biomecânicas do Método STS, já estarem descritas em extensa literatura, convém explicitarmos estas bases, correlacionando-as com as fases e os padrões da Musculação Terapêutica.

A definição de **Movimento**

**Funcional** evoluiu de “movimento fundamental” ou normal, e esclarece o próprio objetivo da motricidade humana, isto é, o movimento



# MUSCULAÇÃO CLÍNICA

realizado por uma consequência anatômica, ou anatomo-funcional, que em função disso é provido de eficiência e eficácia, e desprovido de grandes margens de erro causadoras de lesões.

Se analisarmos, em um indivíduo sadio, quais os tipos de movimento causadores (ou que predispõe) de distúrbios osteomusculares, observaremos que estes movimentos possuem características iatrogênicas à sua função. Isto quer dizer, que metabolicamente, neurologicamente ou mecanicamente, estes movimentos não deveriam ser realizados, levando em consideração o tempo ou a intensidade a esta exposição não favorável.

Por trás da variedade dos movimentos da pessoa normal, adaptados a cada objeto e finalidade, podemos encontrar, inscrito na anatomia humana, um movimento de base, independente do objeto e do meio externo, que chamamos de movimento fundamental. || (Piret e Béziers, p.12, 1992).

Isto nos remete então a um pensamento conflitante, pois a maioria dos desportos instituídos pelo homem é composta de movimentos “não funcionais”. Estaríamos então predispondo o corpo do “desportista” às lesões ou

doenças metabólicas tão comuns no nosso cotidiano? Esta resposta é positiva, e muito mais agora em um mundo onde o sedentarismo apresenta-se como algo “normal” para a maioria da população.

Os movimentos funcionais, e o substrato energético para a sua realização, estão intimamente ligados, e o grande objetivo de ambos é conseguir agir perante uma perfeita sintonia e conômica, isto é, gastar a menor quantidade de energia possível, com o máximo de vantagem mecânica. Por isso a existência do torque, que nos induz às espirais de movimento, por isso a coordenação intramuscular e intermuscular, e por isso um controle neurológico central e periférico das ações motoras. Isto demonstra que falar em movimento funcional não é simplesmente relacionar a ação do movimento com a biomecânica.

Mas, como a motricidade humana inicia realmente os seus estudos sob a égide da arquitetura osteomuscular, hoje se demonstra que um movimento articular não se processa isoladamente. Daí a nômina muito utilizada atualmente, para nortear um movimento funcional, é “unidade de coordenação”, onde se verifica realmente a mobilidade sobre vários planos e eixos de movimento,

caracterizando o que seria o movimento “normal”. Esse movimento fundamental está baseado nos seguintes princípios, de acordo com Piret e Béziers (1992):

É importante salientar que um osso vivo, muito diferente dos ossos mortos utilizados nos estudos de anatomia, é plástico, maleável e deformável. É um tecido conjuntivo densificado, com uma relativa elasticidade. Criam goteiras definitivas e podem deformar-se de acordo com as tensões musculares que atuam sobre eles.

- A densificação do tecido conjuntivo ocorre devido a uma maior interligação das fibras colágenas, reticulares e elásticas, e ao espessamento da substância fundamental amorfa — que tornam-se mais —sol— do que —gel—.
- Certos músculos pluriarticulares são organizadores do movimento porque transmitem a contração aos músculos subsequentes, monoarticulares, assegurando o início do trabalho destes. Por conduzirem o movimento de intervalo a intervalo, são chamados de músculos condutores. Cada um dos músculos condutores do movimento realiza seu trabalho a partir do precedente e assegura o trabalho do seguinte;

- O estado de tensão do corpo se baseia no tônus muscular, na organização dos músculos dois a dois (antagonistas) e na de todos os músculos entre si, constituindo-se, assim, a coordenação motora. O estado de tensão é constituído de unidades de coordenação que, ao reunirem-se, tensionam todo o corpo;
- Há cinco unidades de coordenação, sendo elas: as transacionais representadas pelos quatro membros, onde as três dimensões no espaço são indissociáveis, e a de enrolamento, representada pelo tronco e pela cabeça, que tem duas formas, uma vez que as três dimensões no espaço são dissociáveis;
- Cada unidade de coordenação se relaciona com sua unidade de coordenação vizinha por encaixe de um elemento esférico e pela ação dos músculos pluriarticulares e monoarticulares que a envolvem. A forma das superfícies articulares e a disposição dos músculos, em particular os pluriarticulares, favorecem a torção dos segmentos ósseos, uns em relação aos outros, durante seus deslocamentos. Essa torção gera uma tensão que dá ao segmento considerado sua estrutura e sua forma;
- A coordenação motora nos permite compreender o

- movimento como um todo organizado, capaz de situar-se paralelamente ao psiquismo, com ele e perante ele;
- Complementando o entendimento de movimento funcional, normal, ou fundamental, Denys-Struyf (1995) destaca três noções básicas advindas dos conceitos utilizados por Piret e Béziers:
- As tensões e as torções presentes nas unidades de coordenação determinam a estrutura e a forma do corpo;
- A forma do corpo é influenciada pelo gesto; e
- O gesto está ligado às estruturas psíquicas do indivíduo.

Para uma releitura mais moderna dos textos de Piret e Béziers, citamos Santos, que em seu livro intitulado “Biomecânica da Coordenação Motora”, editado em 2002, apresenta didaticamente as unidades de coordenação:

Unidade de Coordenação é um segmento corporal constituído por dois elementos rotatórios capazes de girarem simultaneamente em sentidos opostos graças à contração de um músculo poli-articular denominado condutor, realizando uma torção que cria uma tensão capaz de manifestar-se em uma articulação situada entre os dois elementos rotatórios sob forma de flexão. Em outras palavras, toda

flexão é fruto de duas rotações, que ocorrem em sentidos opostos de um lado e outro da articulação que se move. Este segmento é capaz de um movimento reconhecível como humano, porque é um movimento fluido, continuo, sem interrupções bruscas, um compromisso entre vários movimentos. O movimento humano não é aquele descrito pelos livros de anatomia ou cinesiologia tradicional com um segmento movendo-se em um único plano em torno de um eixo situado em um plano perpendicular ao do movimento, descrito um a um. A unidade de coordenação envolve várias articulações e vários pequenos movimentos concomitantes ao movimento básico.

### A unidade de coordenação braço

A porção longa do bíceps parte da região superior da glenóide. Não se insere sobre o úmero, dirige-se para fora, encaixa-se na goteira bicipital e desce para o antebraço. Distalmente insere-se na região póstero-interna do rádio. Ao se contrair, este músculo traciona o membro superior para fora, porque vai de uma região medial, glenóide, para uma lateral, goteira bicipital; para frente, porque é um músculo

anterior e para dentro porque, ao contrair-se, apoia fortemente contra a tuberosidade interna da goteira bicipital, rodando o osso internamente. Ao mesmo tempo flete o cotovelo e gira o antebraço e mão para fora em supinação. O bíceps longo não é capaz de realizar sozinho todo este movimento, mas é o único capaz de fazer tudo isto concomitantemente com a ajuda de músculos mono articulares que reforçam o movimento, contraindo-se na fase para a qual é mais adequado. Assim, este músculo poli-articular é como um maestro, conhecedor e capaz de executar cada porção de uma sinfonia e que a conduz solicitando a entrada de cada instrumento mono articular no momento preciso. O úmero realiza um movimento que é uma composição de flexão, abdução, rotação interna, enquanto o antebraço realiza flexão e rotação externa - isto cria um estado de tensão exatamente como quando uma peça de roupa é torcida girando-se uma extremidade para cada lado. Em um dado momento, a peça torcida se dobra. O cotovelo é a estrutura situada no centro do segmento para que ele se dobre sempre no mesmo local. A porção longa do bíceps é o músculo que "conduz" a ação, por isso é denominado músculo condutor.

Podemos generalizar este conceito dizendo que: Dois elementos rotatórios - cabeça umeral e punho-mão, opõem suas rotações - interna no úmero, externa na mão, graças a um músculo poli-articular dito "músculo condutor" - bíceps longo, criando um estado de tensão que se manifesta em uma articulação intermediária - o cotovelo, cujo movimento principal é a flexo-extensão.

Todo o corpo pode ser subdividido em segmentos que são unidades de coordenação. Para cada uma destas unidades podemos descrever:

- 2 (dois) elementos esféricos rotatórios;
- 1 (um) elemento intermediário de flexo-extensão;
- 1 (um) sistema muscular condutor;
- 1 (um) movimento básico, característico da unidade de coordenação.

Cada unidade de coordenação une-se à unidade vizinha através de encaixe de elementos côncavos e convexos unidos por músculos mono articulares. Assim, o movimento de uma unidade é indissociável daquele da unidade vizinha. O músculo condutor é aquele capaz de realizar o movimento da unidade de coordenação a partir do precedente e transmiti-lo para o segmento

seguinte. Mas se assim for, de onde vem o primeiro movimento e para onde vai? Qual o movimento de origem?

### **Unidades Transicionais E Unidades De Enrolamento**

Conforme já definido, Unidade de Coordenação é o segmento corporal que contém dois elementos rotatórios capazes de opor suas rotações graças à contração de um músculo condutor, o que cria um estado de tensão que acaba por manifestar-se sob forma de flexão em uma articulação intermediária. Existem unidades que efetivamente só podem tensionar-se desta forma, através de duas rotações opostas dos elementos rotatórios. Outras conseguem também tensionar-se por enrolamento, isto é, pela aproximação dos dois elementos rotatórios. Por exemplo: na unidade de coordenação tronco os dois elementos rotatórios: a abóboda pélvica, para cima e a abóboda esfenoidiana, para baixo podem girar para lados opostos, o que faz com que todo o tronco tense, fletindo-se ligeiramente pela somatória de pequenos movimentos ao longo das articulações vertebrais interapofisárias. No entanto, estes dois elementos podem também

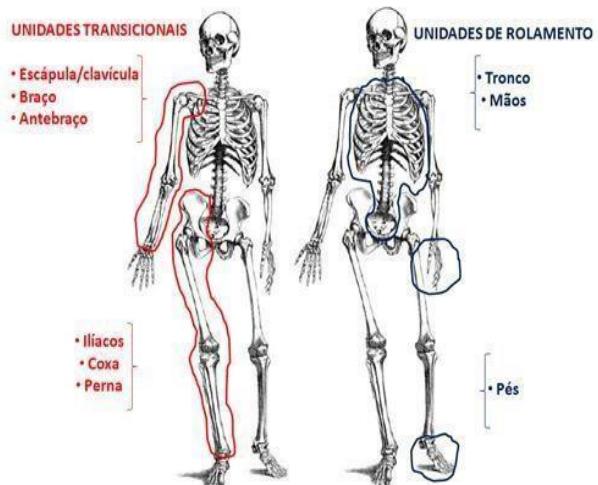
aproximar-se um do outro, tensionando esta mesma estrutura pelo enrolamento, que também é uma flexão. As unidades que têm a possibilidade de tensionar-se por torção, ou oposição das rotações, e também por enrolamento são denominadas unidades de enrolamento. Aquelas que só se tensionam por torção denominam-se unidades transicionais. As unidades transicionais têm a função de transmitir movimento. As unidades de enrolamento têm a função de originar ou recepcionar movimento.

- Unidades de enrolamento são: tronco, mãos e pés.
- Unidades transicionais são: escápula, braço, ilíaco e perna.

Assim, do tronco partem movimentos que têm o objetivo de chegar às mãos, para a função de preensão, passando pela escápula e braço; ou aos pés, para a função de locomoção, passando pelo ilíaco e perna. As unidades de origem e recepção dos movimentos são as de enrolamento. As unidades intermediárias são transicionais, com função de transmitir o movimento. No tronco, o músculo condutor capaz de tensioná-lo por enrolamento não é um músculo, mas um sistema muscular - o sistema reto. O músculo capaz de tensioná-lo por torção, também é

um sistema muscular - o sistema cruzado. O aprofundamento desses conceitos, conhecendo cada uma dessas unidades de coordenação, de que forma o movimento ocorre em cada uma, obtemos um vastíssimo material para a construção do movimento ideal, coordenado, econômico. Formas de realizar movimentos fluem a partir desse trabalho original.

## MOVIMENTOS FUNCIONAIS – UNIDADES DE COORDENAÇÃO





## 8. Referências Bibliográficas

BARBANTI, Valdir J. **Aptidão física:** um convite à saúde. São Paulo: Manole, 1990.

BITTENCOURT, Nelson. **Musculação:** uma abordagem metodológica. 2 ed. Rio de Janeiro: Sprint, 1986.

BITTENCOURT, N. **Musculação:** uma Abordagem Metodológica. Rio de Janeiro: Sprint, 1986.

BRASIL. ABESO. Associação Brasileira de Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica. **Pesquisa sobre a obesidade.** Disponível em: <<http://www.abeso.org.br>>. Acesso: maio 2010.

BUSSE, Salvador de Rosis. **Anorexia, bulimia e obesidade.** Barueri, SP: Manole, 2004.

CAMARGO, Luiz O. Lima. **O que é lazer.** 2 ed. São Paulo: Brasiliense, 1989.

COBRA, Nuno. **Atividade física é qualidade de vida. Isto É,** Gente, Rio de Janeiro, n.189, p.79, mar. 2003.

FERNANDES TL, PEDRINELLI A, HERNANDEZ AJ. *Dor na coxa e na perna.* In: Nobrega A, editor. Manual de medicina do esporte. São Paulo: Atheneu; 2009.

FIAMONCINI, R. E. **Aderência a um programa de exercícios contra resistidos.** Florianópolis, 2002.

FLECK, S. J., KRAEMER, W. J. **Fundamentos do Treinamento de Força Muscular.** 2 ed. Porto Alegre: Artes Médicas Sul Ltda, 1997.

FOX et al. **Bases fisiológicas do exercício e do esporte.** 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

GENTIL, Paulo. **Bases Científicas do Treinamento de Hipertrofia.** 2 ed. Rio de Janeiro: Sprint, 2006.

GUEDES, D. P. Jr. **Musculação:** estética e saúde feminina. São Paulo: Phorte, 2003.

HERNANDEZ AJ. **Distensões e rupturas musculares.** In: Camanho GL, editor. Patologia do joelho. São Paulo: Sarvier; 1996.

KATCH, Frank; KATCH, Víctor; MCARDLE,

William. **Fisiologia do exercício:** energia, nutrição e desempenho humano. 4 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.

MCARDLE, et al. **Nutrição, controle de peso e exercício.** 3 ed. Rio de Janeiro: Medsi, 1990.

MCARDLE, William D; KATCH I. Frank; KATCH I. Victor. **Fisiologia do Exercício: energia-nutrição e desempenho humano.** 5 ed. Trad. Giuseppe Taranto. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, 2002.

MELBY C.L.; HILL J.O. - **Exercício, balanço dos macronutrientes e regulação do peso corporal.** Sports Science Exchange, 1.999.

MELLER, W., MELLEROWICZ, H. **Treinamento físico:** bases e princípios fisiológicos. 2. ed. São Paulo: EPU, 1987.

MONTEIRO, Wallace. Força muscular e características morfológicas em praticantes de um programa de atividades físicas. **Revista brasileira de atividade física & saúde** v.4, n.1, 1999.

NAHAS, M. V. **Atividade física, saúde e qualidade de vida:** conceitos e sugestões para um estilo de vida ativo. Londrina: Midiograf, 2001.

PEDRINELLI A, FERNANDES TL, THIELE E, TEIXEIRA WJ. **Lesão muscular** – ciências básicas, fisiopatologia, diagnóstico e tratamento. In: Alves Júnior WM, Fernandes TD, editors. Programa de atualização em traumatologia e ortopedia (PROATO). Porto Alegre: Artmed; 2006.

SABA, F. **ADERÊNCIA:** a prática do exercício físico em academias. São Paulo: Manole, 2001.

SANTARÉM, José Maria. **Atualização em Exercícios Resistidos:** exercícios com pesos e qualidade de vida. Disponível em: <http://www.fisiculturismo.com.br/artigo.php?id=32>. Acesso em 31 maio, 2010.

VIEIRA, A. **A qualidade de vida e musculação e o controle da Qualidade Total.** Florianópolis: Insular, 1996.

WILMORE, Jack H; COSTILL, David L. **Fisiologia do Esporte e do Exercício** Trad. Dr. Marcos Ikeda. 2 cd. Barueri, SP: Manole, 2001.





Rua Engº. Herbert, 135 - Rodoviários - Caratinga - MG  
(33) 3062-9299 | 0800-590-1234