

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

ALESSANDRO DOMINGUES HEUBEL

PROTOCOLOS DE NATAÇÃO EM MODELOS EXPERIMENTAIS COM RATOS

BAURU

2011

ALESSANDRO DOMINGUES HEUBEL

PROTOCOLOS DE NATAÇÃO EM MODELOS EXPERIMENTAIS COM RATOS

Trabalho de Conclusão de Curso
para obtenção do título de
Licenciado em Educação Física da
Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”.

Orientador: Prof. Dr. Julio Wilson dos Santos

BAURU

2011

Heubel, Alessandro Domingues.
Protocolos de natação em modelos
experimentais com ratos/ Alessandro Domingues
Heubel, 2011
39 f.

Orientador: Julio Wilson dos Santos

Monografia (Graduação)-Universidade
Estadual Paulista. Faculdade de
Ciências, Bauru, 2011

1. Treinamento. 2. Natação. 3. Ratos. I.
Universidade Estadual Paulista.
Faculdade de Ciências. II. Título.

ALESSANDRO DOMINGUES HEUBEL

PROTOCOLOS DE NATAÇÃO EM MODELOS EXPERIMENTAIS COM RATOS

Trabalho de Conclusão de Curso
para obtenção do título de
Licenciado em Educação Física da
Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”.
Data da aprovação: _____

Orientador: Prof. Dr. Julio Wilson dos Santos

Prof. Dr. Márcio Pereira da Silva

BAURU

2011

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para elaboração desse trabalho, em particular às seguintes pessoas:

Ao Prof. Dr. Julio Wilson dos Santos, Departamento de Educação Física Unesp-Bauru, pelas horas de orientação, auxílio e idéias compartilhadas.

Ao Prof. Dr. Márcio Pereira da Silva, Departamento de Educação Física Unesp-Bauru, pelo parecer do trabalho.

A todos os professores do Departamento de Educação Física, pela excelente formação.

A todos meus amigos de classe, pelos quatro anos de estudo e coleguismo.

À minha família, pelo apoio em mais uma etapa concluída da minha vida.

**“O homem não é nada além daquilo
que a educação faz dele”**

Immanuel Kant

RESUMO

A fisiologia do exercício experimental tem tentado reproduzir o exercício em laboratório, utilizando principalmente ratos. O exercício de natação tem surgido como um dos principais ergômetros neste tipo pesquisa. Dessa maneira, essa pesquisa consistiu em uma revisão de literatura abordando os principais aspectos que envolvem o exercício de natação no modelo experimental com ratos. O treinamento de natação aeróbio e anaeróbio, os modelos de avaliação e os modelos de periodização foram os tópicos sugeridos nesta pesquisa. Em diversos estudos, modelos de treinamento aeróbio e anaeróbio têm sido propostos com intuito de se estudar os efeitos destes sobre parâmetros fisiológicos normais ou alterados. Contudo, estudos mais antigos careciam de métodos de análise objetivando determinar a intensidade do exercício no modelo animal. Por essa razão, nessa última década, modelos de avaliação para humanos têm sido adaptados para animais, principalmente ratos. A máxima fase estável de lactato (MFEL) e o lactato mínimo (LM) estão entre as várias técnicas utilizadas para mensurar a quantidade de esforço produzido pelo rato em exercício de natação. A partir desse momento, baseado em parâmetros bioquímicos, como o lactato, o exercício de natação com ratos passou a ser mais bem classificado, ou seja, utilizando como referência o limiar anaeróbio (LAn). Em outro aspecto, uma linha de pesquisa totalmente nova e promissora tem tentado compreender o treinamento de natação de forma periodizada e seu efeitos sobre alguns parâmetros bioquímicos. Porém esta é uma área pouca investigada até o momento. Desse modo, o modelo de natação experimental tem se demonstrado um importante recurso da fisiologia do exercício. A partir desse modelo, torna-se possível o estudo do exercício, em especial a natação, de uma forma mais acurada, baseando-se em análises incisivas e invasivas no rato.

Palavras-chave: Treinamento, natação, ratos.

ABSTRACT

Exercise physiology has attempted to reproduce the experimental exercise in the laboratory using mainly rats. The swimming exercise has emerged as one of the leading research in these type ergometers. Thus, this research consisted of a literature review addressing the key issues which involve the exercise of swimming in the model rats. Training of aerobic and anaerobic swimming, evaluation models and models of periodization were the topics suggested in this research. In several studies, models of aerobic and anaerobic training have been proposed with the aim of studying their effect on normal and abnormal physiological parameters. However, earlier studies lacked methods of analysis aiming to determine the exercise intensity in the animal model. For this reason, in the last decade, assessment models have been adapted for humans to animals, especially rats. The maximal lactate steady state (MLSS) and lactate minimum (LM) are among the various techniques used to measure the amount of effort produced by swimming exercise in rats. Thereafter, based on biochemical parameters such as lactate, swimming exercise in rats has become the highest-rated, ie, using as reference the anaerobic threshold (AT). In another aspect, an entirely new line of research has tried to understand and promising swimming training in a periodized and its effects on some biochemical parameters. But this is an area little researched so far. Thus, the experimental model of swimming has proved an important resource of exercise physiology. From this model, it becomes possible to study the exercise, especially swimming, in more accurate, based on invasive and incisive analysis of the rat.

Keywords: Training, swimming, rats.

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Protocolos de treinamento aeróbico de natação com ratos18

Tabela 2 – Protocolos de treinamento anaeróbico de natação com ratos estruturados em número de repetições24

Tabela 3 – Protocolos de treinamento anaeróbico de natação com ratos estruturado por tempo de execução24

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	10
2. OBJETIVO.....	13
3. METODOLOGIA.....	14
4. TREINAMENTO AERÓBIO	15
5. TREINAMENTO ANAERÓBIO	20
6. MODELOS DE PERIODIZAÇÃO	27
7. PROTOCOLOS DE AVALIAÇÃO	29
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
REFERÊNCIAS.....	34

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A fisiologia do exercício é uma área relativamente nova no mundo científico. Antes do final do século XIX, o principal objetivo dos fisiologistas era obter informações de valor clínico. Até então, a resposta do corpo ao exercício praticamente não recebia quase nenhuma atenção. Apesar de o valor da atividade física ser bem conhecido em meados do século XIX, somente no final deste a fisiologia da atividade muscular passou a receber uma atenção especial.

Até o final da década de 1960, os principais estudos sobre fisiologia do exercício eram centrados na resposta global do corpo ao exercício. A maioria das investigações envolvia mensurações de variáveis como a captação de oxigênio, a frequência cardíaca, a temperatura corporal e a taxa de transpiração (MCARDLE; KATCH; KATCH, 1998). As respostas celulares ao exercício recebiam pouca atenção até então.

Em meados da década de 1970, com o advento tecnológico e os avanços da bioquímica, os estudos em fisiologia do exercício passaram a ter maior relevância, principalmente no que diz respeito ao metabolismo celular e molecular durante a atividade física (WILMORE; COSTILL, 2001). A partir de então, pesquisas experimentais envolvendo cobaias de laboratório têm sido realizadas, a fim de se investigar com mais clareza os mecanismos de ação do exercício físico e seus efeitos sobre o metabolismo.

Os métodos utilizados para reprodução do exercício físico em modelos experimentais, envolvendo principalmente ratos, são diversos. Dentre esses, podemos encontrar a corrida em esteira rolante (BAYOD et al., 2011), a natação (DOS-SANTOS; MELLO, 2011), a bicicleta (UDINA et al., 2011), o aparelho para agachamento (AGUIAR et al., 2010), entre muitos outros adaptados para as condições das cobaias experimentais.

Dentre todos os métodos encontrados na literatura atual, observa-se que os mais utilizados são a corrida em esteira rolante e a natação. Ambos possuem vantagens e desvantagens de acordo com Gobatto et al. (2001). Segundo esses pesquisadores, a esteira possui uma ótima vantagem, pois existe facilidade no controle da intensidade do exercício, já que esta é manipulada facilmente por aparelho digital. No entanto, a esteira possui algumas desvantagens, como o alto custo do equipamento, a necessidade de seleção de animais (já que nem todos são

aptos a corrida), e em alguns casos, a utilização de choques elétricos para estimulação, o que é considerado um fator estressante para o animal.

No método de natação, existem alguns benefícios, como o baixo custo do equipamento e a não necessidade de seleção de animais, já que todos possuem habilidade inata de nadar. As desvantagens nesse método, como a dificuldade na determinação da intensidade, o controle da temperatura e o stress promovido pelo contato com água também são fatores relevantes a se considerar durante um experimento com a natação (GOBATTO et al., 2001).

A natação, em especial, tem sido utilizada em diversos experimentos envolvendo ratos em condições fisiológicas alteradas, com intuito de se estudar as ações do exercício sobre esse quadro nocivo. Ratos obesos (SILVA et al., 1999; BRAGA et al., 2006), diabéticos (OLIVEIRA et al., 2002; GOMES et al., 2006), hipertensos (GARCIARENA et al., 2009; OGIHARA et al., 2010), desnutridos (PAPOTI et al., 2003; VOLTARELLI et al., 2007) e desnervados (NUNES; MELLO, 2009; TEODORI et al., 2011) são alguns exemplos em que o exercício de natação é estudado com possível finalidade terapêutica.

Em diversas investigações, quando é proposta a prática de natação em ratos, é comum a utilização de sobrecargas calculadas com base na massa corporal do animal, determinando assim, a intensidade do exercício. Essa sobrecarga pode ser atada ao dorso ou tórax, através de coletes (GOBATTO et al., 2001; KIRÁLY et al., 2007) ou mochilas (SANTOS, 2004; DOS-SANTOS; MELLO, 2010) adaptadas. Ainda existem pesquisadores que optam por atar a sobrecarga a cauda do animal (MEDEIROS et al., 2004; SOCI et al., 2009). No entanto, nenhum estudo foi realizado até o momento demonstrando as possíveis diferenças nesses locais de aplicação de carga.

Antigamente, muitos pesquisadores tinham certo receio em utilizar a natação em seus laboratórios, por acharem que nesse tipo de ergômetro havia uma dificuldade na determinação da intensidade do esforço produzido. Porém, Gobatto et al. (2001), sugeriram um protocolo que estabelece um critério para determinação da intensidade do esforço em ratos durante a natação. Esse método assemelha-se ao proposto para humanos, consistindo na coleta de lactato sanguíneo da extremidade distal da cauda do animal durante o esforço com cargas progressivas. A partir desse experimento, foi determinada a máxima fase estável de lactato (MFEL), indicando assim a mais alta intensidade na qual o metabolismo aeróbio ainda prepondera

sobre o anaeróbio. O MFEL, atualmente, tem servido de parâmetro em diversas pesquisas (SIGWALT et al., 2011; ENDLICH et al., 2011; REMEDIO et al., 2011; RIBEIRO et al., 2011) e é considerado o padrão ouro para determinação da intensidade de esforço em exercícios contínuos em ratos.

Apesar da importância do estudo de padronização supracitado (GOBATTO et al., 2001), a determinação da MFEL necessita de muitos testes físicos e um número elevado de coletas de sangue durante esses testes, e por esse motivo, o método de determinação do MFEL é considerado bastante invasivo por alguns pesquisadores.

Foi com intuito de elaborar outras técnicas de mensuração da intensidade que Voltarelli et al. (2002) elaboraram o teste para determinação do lactato mínimo em ratos. Tal técnica vem sendo reproduzida em diversos experimentos (PRADA et al., 2004; VOLTARELLI et al., 2004; ARAUJO et al., 2010) com a finalidade de se demonstrar a intensidade de esforço produzido pelo animal.

Existe ainda, um modelo de avaliação mais simples onde é realizada análise a resposta de lactato em exercício submáximo de ratos em exercício de natação (SANTOS et al., 2000). A partir desse método, autores classificaram diversos modelos de treinamento na natação com ratos, através da concentração de lactato (DOS-SANTOS; MELLO, 2010; 2011).

Apesar de existirem alguns métodos bem conhecidos para determinação da intensidade (GOBATTO et al., 2001; VOLTARELLI et al., 2002; DOS-SANTOS; MELLO, 2011), algumas pesquisas ainda tendem a utilizar o exercício de natação em animais sem o estabelecimento de um critério específico para intensidade do mesmo, ou seja, sem a utilização do lactato como parâmetro primordial. A partir disso, diversos estudos têm sido realizados envolvendo diferentes protocolos de natação, variando entre exercícios aeróbicos e anaeróbicos.

2. OBJETIVO

Baseado no exposto, o objetivo principal dessa pesquisa é realizar uma revisão acerca dos diferentes protocolos de treinamento de natação com ratos, bem como os modelos de periodização e os métodos de avaliação existentes, de forma a contribuir, aos colegas pesquisadores, na construção de protocolos de treinamentos de natação em suas pesquisas experimentais.

3. METODOLOGIA

Para realização dessa pesquisa foram utilizadas as bases de dados *Medline* e *Lilacs*. O acesso ao *Medline* foi por meio do *Pubmed* e o *Lilacs*, através do Bireme.

Foram utilizados os descritores: “Swim and exercise and rats” ou “Swimming and training and rats” na opção de busca Mesh Browser (Medical Subject Heading) na base *Medline*. Para a seleção de textos, nas bases de dados *Lilacs*, foram utilizados o formulário básico e os descritores “natação e exercício e ratos”; “natação e treinamento e ratos”. Foram incluídos nesse trabalho: revisões, pesquisas e livros mais recentes e/ou de referência sobre o tema. A busca foi realizada entre os meses de julho e setembro de 2011 tendo como limitação artigos publicados em português e inglês apenas.

4. TREINAMENTO AERÓBIO

O treinamento aeróbio é capaz de produzir diversas adaptações metabólicas e celulares no corpo do ser humano. Algumas dessas alterações, como o aumento no tamanho das fibras vermelhas, o aumento da quantidade de capilares para cada fibra muscular, o aumento muscular de mioglobina, o aumento no tamanho das matrizes mitocondriais celulares são algumas das principais adaptações do corpo ao treinamento aeróbio (MCARDLE; KATCH; KATCH, 1998). Todas essas adaptações citadas anteriormente irão contribuir para um melhor funcionamento do sistema oxidativo, ou seja, aeróbio do organismo em questão.

O exercício é classificado como aeróbio, principalmente, quando a via de produção de energia predominante é a oxidativa. Em outras palavras, o exercício caracteriza-se como aeróbio, quando no processo de contração muscular há uma maior utilização de oxigênio.

Para Hollmann e Hettinger (1983), uma atividade física aeróbica deve apresentar um esforço de longa duração e intensidade moderada. Wilmore e Costill (2001) confirmam e adicionam que a intensidade, a frequência semanal, a duração das sessões e o tipo de programa influenciam diretamente no efeito do treinamento aeróbio. Segundo a American College of Sports and Medicine (1980), as características que determinarão o treinamento aeróbio são a frequência, duração e intensidade da atividade produzida.

Partindo desse pressuposto, pesquisas experimentais utilizando-se do treinamento de natação com ratos, têm classificado seu modelo de treinamento como aeróbio. Um exemplo disso é evidente no experimento realizado por Silva et al. (1999) em que analisaram os efeitos do exercício físico aeróbio e anaeróbio sobre a gordura sérica e tecidual de ratos alimentados com dieta hiperlipídica. Nessa pesquisa, os autores aplicaram protocolo aeróbio por oito semanas, cinco vezes por semana, onde cada sessão de treinamento consistia em exercício por 60 minutos, com intensidade equivalente a 5% da mc dos animais.

Santos et al. (2000) verificaram se o treinamento aeróbio de natação seria capaz de prevenir o diabetes experimental induzido por aloxana em ratos. O treinamento aplicado nessa investigação consistiu na realização de sessões diárias de natação com duração de uma hora, com uma intensidade equivalente a 5% da

massa corporal (MC) do animal. Esse treinamento era realizado cinco vezes por semana e perdurou por oito semanas.

O exercício aeróbio em ratos envelhecidos foi aplicado por Meguello e Costa-Rosa (2002), com a finalidade de verificar o efeito deste sobre o número de células do sistema imunitário, tal como linfócitos e macrófagos. O protocolo de treinamento, classificado como aeróbio, consistiu na realização de exercício de natação durante seis semanas, cinco vezes por semana com duração máxima de uma hora. A sobrecarga foi atada à cauda do animal e correspondia a 2% da mc deste, sendo ajustada a cada semana.

A relação entre a administração de esteróide anabólico androgênico e a supercompensação de glicogênio em ratos submetidos a treinamento aeróbio em natação, foi verificada por Cunha et al. (2005a). O treinamento físico aeróbio foi realizado por nove semanas, cinco vezes por semana. A duração de cada sessão de natação teve aumento progressivo a cada semana de treinamento, tendo início com tempo de 10 minutos na primeira semana e chegando com tempo de 120 minutos ao término da nona semana de experimento. Durante todo o experimento não houve aplicação de sobrecarga aos animais.

Figueira et al. (2007) avaliaram o efeito do treinamento aeróbio sobre o conteúdo muscular de triglicérides e glicogênio em ratos. Para efetuação do treinamento aeróbio, os pesquisadores submeteram os animais a quatro semanas de treinamento, cinco vezes por semana, com duração de uma hora para cada sessão. A sobrecarga utilizada foi correspondente a 5% da mc de cada animal.

O uso de esteróides anabolizante ativa o sistema renina-angiotensina cardíaco e também anula o efeito benéfico do exercício aeróbio em ratos, de acordo com Rocha et al. (2007). Para esse experimento, os autores aplicaram treinamento de natação por dez semanas, cinco dias por semana, com duração de 60 minutos cada sessão. A sobrecarga utilizada foi atada a cauda de cada animal e correspondeu a intensidade de 5% da mc destes.

A utilização de substratos energéticos após exercício agudo de ratos treinados aerobiamente por natação foi estudado por Silveira et al. (2007). Nesse experimento, o protocolo de treinamento aeróbio consistiu na realização de natação por quatro semanas, uma hora por dia, com frequência semanal de cinco sessões. Ainda assim, houve utilização de sobrecarga equivalente a 5% da mc de cada animal. O critério para adoção dessa sobrecarga foi embasado no estudo realizado

por Gobatto et al., 2001, em que demonstraram que 5% da mc do rato Wistar é considerada uma carga abaixo ou equivalente a máxima fase estável de lactato.

Souza et al. (2007) demonstraram que o bloqueio da síntese de óxido nítrico promove aumento da hipertrofia e da fibrose cardíaca em ratos submetidos ao treinamento aeróbio. Nessa pesquisa o treinamento aeróbico consistiu na realização de natação por oito semanas, seis vezes por semana, com duração de uma hora por dia. É importante ressaltar que não houve aplicação de sobrecarga aos animais.

O efeito do treinamento aeróbio na manutenção do peso corpóreo de ratos idosos foi verificado por Cunha et al. (2008). Nessa pesquisa, os autores aplicaram a natação com duração de 30 minutos, com frequência semanal de cinco dias, por um período de quatro semanas. A intensidade do esforço foi calculada com base na massa corporal de cada animal, portanto, utilizou-se 5% da mc do animal.

Lunz et al. (2008) verificaram que o efeito de um longo treinamento aeróbio de natação reduz a expressão de fatores oncogênicos em ratos que foram induzidos ao câncer de colo retal. Para essa pesquisa, o protocolo de treinamento foi elaborado pelos próprios autores e consistiu na realização de 35 semanas de treinamento, cinco vezes por semana, com duração de 20 minutos para cada sessão. A sobrecarga escolhida variou de acordo com o grupo experimental. Portanto, a sobrecarga utilizada foi de 0% da mc no primeiro grupo, 2% da mc no segundo grupo e 4% da mc no terceiro grupo.

Uma análise eletrofisiográfica e histomorfológica do músculo tibial anterior de ratos submetidos ao treinamento aeróbio de natação foi realizada por Gouvêa et al. (2009). Para efetuar o treinamento aeróbio, os autores submeteram os animais a um protocolo treinamento durante cinco semanas, cinco vezes por semana, com uma hora de duração para cada sessão de exercício. Os animais do grupo experimental nadaram com adição de sobrecarga correspondente a 5% da mc do animal.

Freitas et al. (2010) verificaram os efeitos do treinamento aeróbio de natação sobre os parâmetros metabólicos de ratos durante um teste de esforço. Esse treinamento consistiu na realização de natação por 30 minutos, cinco vezes por semana, durante seis semanas. Segundo os autores, esse protocolo é considerado aeróbico, pois a intensidade de exercício está abaixo daquela correspondente ao limiar anaeróbio de ratos Wistar.

As pesquisas citadas anteriormente podem ser melhor observadas na Tabela 1. A partir dos estudos levantados até o momento, torna-se possível analisar alguns

dados importantes no que diz respeito às semanas de treinamento, frequência semanal, duração da sessão e intensidade, variáveis ditas fundamentais para a determinação do treinamento aeróbio, segundo o American College of Sports and Medicine (1980).

Baseado nas evidências relatadas por meio da Tabela 1 é possível notar que há predomínio de alguns valores nos estudos citados. Um exemplo disso é notado quando observamos a frequência semanal adotada nos experimentos. Apenas uma pesquisa escolheu pela realização de seis dias semanais, enquanto todas as outras realizaram a natação cinco dias por semana, respeitando os sábados e domingos.

Tabela 1. Protocolos de treinamento aeróbio de natação com ratos

Pesquisa	Treinamento Aeróbio			
	Duração (semanas)	Frequência semanal (dias)	Duração da sessão (min.)	Intensidade (% mc)
Silva et al. (1999)	8	5	60	5
Santos et al. (2000)	8	5	60	5
Meguello; Costa-Rosa (2002)	6	5	60	2
Cunha et al. (2005a)	9	5	120	0
Figueira et al. (2007)	4	5	60	5
Rocha et al. (2007)	10	5	60	5
Silveira et al. (2007)	4	5	60	5
Souza et al. (2007)	8	6	60	0
Cunha et al. (2008)	4	5	30	5
Lunz et al. (2008)	35	5	20	0, 2 e 4
Gouvêa et al. (2009)	5	5	60	5
Freitas et al. (2010)	6	5	30	0

MC = massa corporal

A duração da sessão, como demonstra a Tabela 1, foi bastante variável, embora parece haver preferência na utilização de 60 minutos para cada sessão de exercício. Com relação à utilização da sobrecarga, os estudos demonstraram

inconstância, variando de experimentos que não adotaram a utilização de carga até a utilização de pesos equivalentes a 5% da mc.

O treinamento aeróbio, quando aplicado experimentalmente, poderá variar quanto à intensidade, duração, frequência semanal e o tempo de treinamento. Desse modo, é tarefa do pesquisador durante a confecção de sua pesquisa, elaborar o protocolo aeróbio ideal e que se ajuste melhor aos objetivos propostos.

5. TREINAMENTO ANAERÓBIO

O exercício anaeróbio é um tipo de esforço físico em que o predomínio de fornecimento de energia é estritamente por vias que não envolvam a utilização de oxigênio (oxidativa). As vias mais utilizadas durante o treinamento anaeróbio são a ATP-CP e a glicolítica, com utilização de ATP e glicose como principais substratos energéticos, respectivamente. O exercício anaeróbio caracteriza-se por atividades breves de alta intensidade nas quais se exige uma maior participação do metabolismo anaeróbio dos músculos (MCARDLE; KATCH; KATCH, 1998).

Assim como para o treinamento aeróbio, para o treinamento anaeróbio se faz necessário a monitoração de algumas variáveis, como por exemplo, o tempo total de treinamento, a frequência semanal e a intensidade do treinamento. Além disso, outras variáveis como o número de séries, o número de repetições e o tempo de pausa são consideradas relevantes no treinamento anaeróbio (WILMORE; COSTILL, 2001).

Nesse contexto, existem investigações que têm tentado reproduzir treinamentos anaeróbios em ratos no meio aquático. Basicamente, em todos os experimentos utilizando-se de esforço anaeróbio de natação, é possível observar que a sobrecarga utilizada é bastante elevada, o que dificulta a permanência do rato na superfície da água e, conseqüentemente, irá estimulá-lo a realizar saltos do fundo do compartimento para a superfície. Nos estudos do treinamento com alta sobrecarga na natação com ratos, os modelos de treinamento são classificados de maneiras diferentes, por exemplo, treinamento de salto vertical (FRANCO et al., 2011), treinamento de potência (FRANCO et al., 2007), treinamento resistido (ROGATTO; LUCIANO, 2002) ou mesmo treinamento de alta intensidade (CUNHA et al., 2005c; OLIVEIRA et al., 2002). A avaliação e classificação do treinamento anaeróbio com humanos também sofre esse problema, pois é difícil identificar o ponto exato entre o limite do sistema anaeróbio alático e lático. Em função dessa limitação, que no exercício de natação com ratos é maior, recentemente, o modelo de treinamento com alta sobrecarga tem sido classificado apenas como treinamento de natação anaeróbio (SANTOS, 2004; DOS-SANTOS; MELLO, 2011), o qual a intensidade é superior àquela utilizada nos modelos de treinamento aeróbio na natação com ratos.

Independente da terminologia utilizada nos modelos de natação de alta intensidade, vários estudos têm sido realizados com a finalidade de se compreender melhor os efeitos fisiológicos e celulares do treinamento anaeróbio com ratos.

Silva et al. (1999) analisaram os efeitos do exercício físico aeróbio e anaeróbio sobre a gordura sérica e tecidual de ratos alimentados com dieta hiperlipídica. Nessa pesquisa, os autores aplicaram protocolo anaeróbio por oito semanas, cinco vezes por semana, com intensidade equivalente a 50% da mc dos animais. Cada sessão de treinamento consistia na realização de dez séries, com 30 segundos de esforço (saltos) e descanso de um minuto entre as séries.

Os efeitos de uma dieta hiperprotéica e normoprotéica sobre o crescimento muscular de ratos submetidos a treinamento anaeróbio foram verificados por Tonon et al. (2001). O treinamento anaeróbio consistiu na realização seis semanas de treinamento com frequência semanal de cinco sessões por dia. Os animais realizaram dez séries, com duração de 30 segundos e tempo de descanso de 1 minuto entre as séries. Foram realizados saltos intensidade equivalente a 50% da mc de cada animal.

Os efeitos do treinamento físico de alta intensidade sobre os leucócitos de ratos diabéticos foram estudados por Oliveira et al. (2002). Para realização do treinamento, os roedores foram submetidos a sessões diárias de exercício suportando sobrecarga de 50% da mc. Esse treinamento foi realizado durante seis semanas, sendo realizados cinco dias por semana. A cada dia de treinamento os ratos realizavam quatro séries de saltos na piscina, onde em cada série eram realizadas dez repetições com 1 minuto de pausa entre as séries.

Rogatto e Luciano (2002) analisaram o perfil leucocitário de ratos submetidos ao exercício resistido crônico. Esse treinamento era realizado cinco dias por semana e teve duração total de seis semanas. A cada dia de treinamento os animais realizavam quatro séries de dez saltos, suportando sobrecarga equivalente a 50% da mc. O tempo de pausa entre as séries foi de um minuto.

Cunha et al. (2005b) estudaram a sensibilidade vascular à fenilefrina em ratos submetidos a treinamento anaeróbio e tratados com nandrolona. Para reprodução do exercício anaeróbio, os pesquisadores desse estudo submeteram os animais a treinamento de seis semanas, cinco dias por semana, com intensidade correspondente a 50%-70% da mc. Em cada dia de treinamento, cada animal

realizou quatro séries, com dez saltos em cada série e 30 segundos de pausa entre as séries.

A influência do treinamento de alta intensidade sobre o glicogênio dos tecidos de ratos tratados com esteróide anabolizante androgênico, foram averiguados por Cunha et al. (2005c). Para isso, os investigadores submeteram os animais a seis semanas de treinamento, cinco dias por semana, com suportando sobrecarga de 50% (no início) até 70% (final) da mc de cada animal. A cada dia de treinamento os roedores realizavam quatro séries de dez saltos, com pausa de 30 segundos entre as séries.

Franco et al. (2007) avaliaram o efeito da suplementação de creatina e do treinamento de potência sobre o desempenho e a massa corporal magra de ratos. Nesse experimento, os animais foram submetidos a um treinamento de oito semanas, cinco dias por semana, com sobrecarga variando de 20% (início do experimento) até 50% (final do experimento) da mc dos animais. Cada sessão de treinamento foi pautada na realização de quatro a cinco séries de dez repetições (saltos) e com descanso de um minuto entre as séries.

O efeito do tratamento de metformina associado ao exercício físico anaeróbio sobre as funções cardíacas de ratos diabéticos induzidos por aloxana foram analisados por Moraes e Costa (2007). O protocolo de treinamento anaeróbio totalizou quatro semanas de treinamento, cinco vezes por semana, com intensidade equivalente a 15% da mc dos animais. Em cada sessão de treinamento os ratos realizaram séries de 90 segundos, com intervalos de 2-3 minutos de pausa entre as séries. A quantidade total de cada sessão de treinamento não foi estipulada com base no número de séries, mas sim no tempo total de treinamento, que correspondeu a 40 minutos (somado as séries e as pausas).

Oliveira et al. (2007) verificaram o perfil lipídico e glicêmico de ratos diabéticos submetidos a treinamento anaeróbio de alta intensidade. Para realização do treinamento anaeróbio, os animais realizaram esforços por um tempo total de 50 minutos, com séries durando de 60 a 120 segundos e intervalo de um minuto entre as séries. A intensidade adotada no experimento foi correspondente a 30% da mc de cada animal. O protocolo de treinamento perdurou por cinco semanas, com aplicação de cinco dias por semana.

O treinamento anaeróbio reduz o crescimento tumoral e a caquexia e, ao mesmo tempo, aumenta a respostas de linfócitos e macrófagos em ratos com tumor

de Walker-256, de acordo com Lima et al. (2008). O treinamento aplicado no experimento era realizado quatro vezes por semana e teve duração de oito semanas. A intensidade selecionada foi correspondente a 50% da mc de cada animal. A cada dia de treinamento os animais realizavam seis séries de dez saltos e com 60 segundos de pausa entre as séries.

Dos-Santos e Mello (2011) verificaram as respostas da concentração de lactato sanguíneo durante o treinamento de natação periodizado com ratos. Para isso, os roedores executaram diferentes protocolos de treinamento de natação, tanto aeróbios como anaeróbios. O primeiro protocolo de natação anaeróbia, classificado como AN-1, foi caracterizado pela realização de quatro séries, com cada série durando 110 segundos e descanso de cinco minutos entre elas; a intensidade para esse grupo foi equivalente a 25% da mc dos animais. O segundo protocolo, classificado como AN-2, consistia na realização de quatro séries, com duração de 50 segundos cada série. A pausa e intensidade do esforço foram de três minutos e 50% da mc, respectivamente.

Os efeitos da suplementação de altas doses de creatina e cafeína sobre a massa corporal de ratos submetidos ao treinamento de saltos verticais foram averiguados por Franco et al. (2011). O treinamento proposto consistiu na realização de quatro séries de dez saltos, com descanso de um minuto entre as séries. Esse treinamento perdurou por seis semanas, cinco dias por semana, com sobrecarga correspondente a 50%-70% da mc dos animais.

Com base nas pesquisas apresentadas, torna-se possível realizar algumas observações acerca dos diferentes protocolos de treinamentos anaeróbios de natação. Nas Tabelas 2 e 3 são demonstradas algumas das principais características de cada protocolo utilizado, principalmente no que tange as variáveis de um treinamento anaeróbio de natação com ratos.

A partir de cada treinamento analisado foram observadas as seguintes variáveis: o número de semanas, a frequência semanal, a intensidade do treinamento, o número de séries, o número de repetições e o tempo de pausa entre as séries. Estas variáveis, segundo Maglischo (1999), são fundamentais para a caracterização de um treinamento anaeróbio de natação com humanos e, conseqüentemente, para o treinamento anaeróbio de natação com ratos.

Tabela 2. Protocolos de treinamento anaeróbio de natação com ratos estruturado em número de repetições

Estudo	Treinamento anaeróbio					
	Duração (semanas)	Frequência semanal (dias)	Intensidade (% mc)	N. de séries	N. de repetições	Pausa (min.)
Oliveira et al. (2002)	6	5	50	4	10	1,0
Roggato; Luciano, (2002)	6	5	50	4	10	1,0
Cunha et al. (2005b)	6	5	50-70	4	10	0,5
Cunha et al. (2005c)	6	5	50-70	4	10	0,5
Franco et al. (2007)	8	5	20-50	4-5	10	1,0
Lima et al. (2008)	8	4	50	6	10	1,0
Franco et al. (2011)	6	5	20-50	4	10	1,0

MC = massa corporal

Tabela 3. Protocolos de treinamento anaeróbio de natação com ratos estruturado por tempo de execução

Estudo	Treinamento anaeróbio					
	Duração (semanas)	Frequência semanal (dias)	Intensidade (% mc)	N. de séries	Tempo (s)	Pausa (min.)
Silva et al. (1999)	8	5	50	10	30	1,0
Tonon et al. (2001)	6	5	50	10	30	1,0
Moraes; Costa (2007)	4	5	15	15	90	2-3
Oliveira et al. (2007)	5	5	30	20	60-120	1,0
Dos-Santos; Mello (2011)	5	5	25	4	110	5,0
Dos-Santos; Mello (2011)	5	5	50	4	50	3,0

MC=massa corporal

No que se refere às semanas de treinamento, a maioria das pesquisas demonstraram variações, parecendo haver prevalência de seis a oito semanas de treinamento. Com relação à frequência semanal, só uma pesquisa adotou a realização de quatro vezes semanais, enquanto todas as outras optaram pela realização de cinco dias a cada semana, respeitando os sábados e domingos.

A intensidade utilizada, diferentemente do treinamento aeróbio, é muito elevada e, como dissemos anteriormente, irá induzir o rato à realização de saltos durante o tempo de natação. Na maioria dos estudos analisados, a intensidade do treinamento anaeróbio foi correspondente a 50% mc. No entanto, é possível observar um estudo em que a intensidade foi equivalente a 15% e outros em que a intensidade utilizada correspondia a 70% da mc do rato.

Quanto ao número de séries, os resultados se demonstraram instáveis, porém, sete das doze pesquisas elencadas optaram pela realização de quatro séries, enquanto todas as outras variaram de seis até vinte séries. Assim como o número de séries, o tempo de pausa entre essas se mostrou variável em algumas pesquisas. Pausas de até cinco minutos foram propostas, porém, para maioria dos autores, observa-se que o tempo de pausa de um minuto parece ser suficiente durante o treinamento anaeróbio de natação.

Durante a comparação dos estudos, em especial no que diz respeito ao número de séries, uma dificuldade foi encontrada. Alguns autores, durante a elaboração do protocolo de treinamento, preferiram monitorar cada série pelo tempo de esforço realizado, ignorando então o número de repetições efetuadas na mesma. Por outro lado, outros pesquisadores optaram pela contagem do número de repetições para então controlar a quantidade de esforço do animal durante a série.

Analisando a dificuldade supracitada, é difícil dizer qual técnica de monitoramento é a melhor, pois tanto as especificações do tempo de execução quanto do número total de repetições são consideradas importantes durante a execução do treinamento anaeróbio de natação. Talvez, se nas pesquisas houvesse a especificação dessas duas variáveis, haveria então uma maior facilidade na compreensão e padronização desses protocolos.

Outro aspecto não abordado, e que alguns pesquisadores consideram importante, está relacionado com a altura da água do compartimento em que o rato realiza a natação. Como na natação anaeróbia, são realizados saltos devido à alta sobrecarga, a profundidade da água é considerada fundamental durante a realização do nado anaeróbio, pois quanto mais profundo maior será o esforço realizado pelo animal. No experimento realizado por Oliveira et al. (2002) a altura da água é delineada com base no comprimento do animal, sendo esta então, correspondente a 150% do comprimento corporal do rato. Roggato e Luciano (2002) também apontam para a importância da altura da água, em que utilizaram como

referência os mesmos 150% de comprimento corporal do rato. No entanto, nem todas as pesquisas especificam a altura da água em que são realizados os saltos, dificultando ainda mais a comparação entre os protocolos de natação anaeróbios.

6. MODELOS DE PERIODIZAÇÃO

De acordo com Dantas (2003), a periodização consiste no planejamento geral e detalhado do tempo disponível para o treinamento, de acordo com os objetivos perfeitamente estabelecidos, respeitando-se os princípios científicos do exercício desportivo. Em adição, Bompa (2001) ressalta que a periodização é indispensável para alcançar os melhores resultados, no que se refere ao treinamento desportivo.

No que diz respeito aos estudos em humanos, a literatura nos proporciona diferentes modelos de treinamentos periodizados. No entanto, apesar das pesquisas em humanos apresentarem resultados satisfatórios quanto aos efeitos da periodização, estas não estariam totalmente completas, pois estariam restritas apenas a resultados globais. Desse modo, alguns pesquisadores propuseram alguns modelos de treinamento de natação periodizado com ratos, na tentativa de melhor compreender os reais efeitos da periodização neste tipo de treinamento sobre o metabolismo.

O primeiro estudo realizado na tentativa de verificar os efeitos do treinamento de natação periodizado com ratos foi o de Santos (2004). Em sua tese, Santos apresentou um modelo de periodização com base nos princípios clássicos de Matveiév (1997) e na proposta de Maglischo (1999) para o treinamento de natação com humanos. Os animais dessa pesquisa foram submetidos a cinco semanas de treinamento periodizado de natação. Cinco diferentes níveis de intensidade de natação foram elaborados, e posteriormente, classificados conforme o tipo de metabolismo utilizado. Os níveis A-1, A-2 e A-3 foram caracterizados como treinamento aeróbio, enquanto que os níveis AN-1 e AN-2 foram classificados como anaeróbios. Estes níveis de treinamento foram definidos por meio da coleta e análise do lactato sanguíneo durante o exercício. Portanto, nos níveis classificados como aeróbio, os ratos nadavam com cargas equivalentes a 5-6% da mc (próxima a MFEL) ou mesmo abaixo disso. Já nos níveis classificados como anaeróbios, os roedores nadavam com sobrecargas mais elevadas, sendo de 25% da mc para AN-1 e 50% da mc para AN-2. A partir desses níveis, a periodização do treinamento foi elaborada em três etapas, a básica (por duas semanas), a específica (por duas semanas) e o polimento (por uma semana), seguindo exatamente essa ordem. Em uma das conclusões, Santos (2004) apontou para a eficácia desse modelo de treinamento periodizado, sendo mais efetivo em produzir adaptações aeróbias

quando comparado ao treinamento contínuo, efetuado em outro grupo experimental nesse mesmo estudo (DOS-SANTOS, 2010).

Araújo et al. (2010) também foram alguns dos poucos a estudarem os efeitos do treinamento de natação periodizado com ratos. Em seu experimento, os animais foram submetidos a doze semanas de treinamento periodizado, onde verificaram ao final destas, os valores de glicogênio muscular e hepático, capacidade aeróbia e anaeróbia e creatina quinase. O modelo de periodização adotado foi dividido em três fases, a preparatória básica (com duração de seis semanas), a específica (com duração de 4,5 semanas) e o polimento (com duração de 1,5 semanas). Em cada um desses períodos foram aplicados estímulos de intensidade leve (4% da mc), moderada (5% da mc), pesada (6% da mc) e intensa (13% da mc). Cabe ressaltar que para o estabelecimento da intensidade do exercício, utilizou-se como parâmetro principal o teste de lactato mínimo, aplicado no início do experimento. Os resultados obtidos pelos pesquisadores demonstraram que esse modelo periodização pode ser aplicado de maneira semelhante à executada em humanos e, além disso, é capaz de fornecer dados relevantes através das análises incisivas e invasivas realizadas no animal.

Durante a o levantamento de dados referente ao treinamento periodizado de natação em ratos, ficou evidente a escassez de investigações na literatura. Apesar dessa falta de evidências, os poucos estudos nessa área tem apontado para os potenciais efeitos da periodização sobre a *performance* final dos animais submetidos a esse modelo de treinamento (SANTOS, 2004; DOS-SANTOS; MELLO, 2010; ARAÚJO et al., 2010). No entanto, os eventos fisiológicos e bioquímicos desencadeados durante o treinamento periodizado ainda não estão muito bem elucidados, abrindo então uma grande lacuna para pesquisa nessa área.

7. PROTOCOLOS DE AVALIAÇÃO

Os protocolos de avaliação anaeróbia são os mais difíceis para utilização na natação com ratos. Mesmo com humanos, os diversos protocolos de avaliação anaeróbia apresentam dificuldade em quantificar de maneira precisa e específica a capacidade e potência anaeróbia. Para a obtenção de um índice de avaliação anaeróbia no modelo de natação com ratos seria necessário fazer com que o animal fosse até o seu limite máximo durante um protocolo de avaliação. No entanto, essa é uma limitação desse modelo experimental que não podemos controlar.

Na literatura atual são encontrados apenas protocolos de avaliação aeróbios na natação com ratos, especialmente, para a determinação da zona de transição metabólica aeróbia-anaeróbia, ou seja, o limiar anaeróbio (LAn). A determinação do LAn apresenta grande importância para avaliação física, seja para o condicionamento físico para a saúde ou para o rendimento máximo nos esportes. O LAn identifica um ponto onde há um aumento da demanda energética que é suprida pelo metabolismo anaeróbio e acima desta intensidade o exercício passa a ter uma intensidade na qual ocorre acúmulo de lactato sanguíneo de maneira exponencial, levando a fadiga em minutos (MYERS; ASHLEY, 1997). A importância da identificação do LAn está no diagnóstico, na prescrição e no acompanhamento das alterações do exercício aeróbio. A relevância em identificar com precisão a intensidade do exercício para a prescrição do treinamento aeróbio não está restrita apenas aos trabalhos nos quais seres humanos são objetos de estudo.

A utilização do treinamento físico em modelos experimentais com ratos tem se mostrado uma importante ferramenta de estudo não só para a fisiologia do exercício, mas também para outras áreas da ciência. A aplicação do exercício em laboratório requer certo conhecimento em fisiologia do exercício, principalmente para manipulação de uma carga de treinamento adequada e que corresponda aos objetivos propostos da pesquisa. No entanto, até pouco tempo atrás, não havia muita preocupação na dosagem da intensidade do treinamento no modelo experimental na natação com ratos. Atualmente, podemos identificar estudos com o objetivo de testar e conhecer melhor os modelos de avaliação aeróbia no modelo experimental de natação com ratos (ARAUJO et al., 2007; CONTARTEZE et al., 2007). A partir da padronização dos protocolos de avaliação, outros estudos começaram a ser elaborados prescrevendo o treinamento baseado no LAn

(VOLTARELLI et al., 2002; PRADA et al., 2004) ou utilizando o LAn para verificação dos efeitos do treinamento (VOLTARELLI et al., 2004; CUNHA et al., 2008) .

Nas últimas décadas, diferentes protocolos de avaliação começaram a ser utilizados no modelo de natação com ratos. Com objetivo de identificar a intensidade de exercício em modelo de natação para ratos, Gobatto et al. (2001) elaboraram o método de avaliação denominado como a máxima fase estável de lactato (MFEL), definindo a mais alta intensidade na qual o metabolismo aeróbio ainda prepondera sobre o anaeróbio. Para quantificação da MFEL, é necessário que os animais realizem 20 minutos de esforços contínuos suportando cargas correspondentes a 5, 6, 7, 8, 9, 10% de sua mc, atadas ao dorso, com coletas sanguíneas a cada cinco minutos da extremidade distal da cauda dos animais, para posterior determinação da lactacidemia. A MFEL, para cada animal, é interpretada como a mais alta intensidade de exercício na qual o aumento da lactacidemia é igual ou inferior a 1mmol/L, do 10º ao 20º minuto de esforço. Nesse estudo, os autores observaram MFEL em intensidade correspondente a 6% da massa corporal, com a concentração de estabilização de 5,5 mmol/L. É interessante ressaltar que o MFEL, a partir de sua elaboração, tem sido considerado o padrão ouro para avaliação e quantificação do esforço produzido em natação com ratos.

Foi com intuito de elaborar outras técnicas de avaliação que Voltarelli et al. (2002) elaboraram o teste para determinação do lactato mínimo (LM) em ratos durante o exercício de natação. Esse teste, inicialmente, foi proposto por Tegtbur et al. (1993) para humanos em cicloergômetro, e posteriormente, fora adaptado para ratos por Voltarelli et al. (2002). De acordo com a proposta original, aplicada em humanos, o teste do LM consiste em submeter o participante ao esforço em intensidade elevada para a promoção de hiperlactacidemia e subsequente, após recuperação passiva de oito minutos, execução de um protocolo com cargas progressivas em mesmo ergômetro. Segundo essa proposta, a resposta do lactato no teste incremental apresenta comportamento cinético em “U”, reduzindo em intensidades iniciais (remoção superior à produção) e aumentando sucessivamente depois de ultrapassada a carga correspondente ao limiar anaeróbio (produção superior à remoção). Sendo assim, a intensidade de esforço, equivalente ao menor valor de lactato após ajuste matemático, é correspondente ao LM ou LAn, na qual a produção de lactato está em equilíbrio com sua remoção. No esquema de natação para ratos proposto por Voltarelli et al. (2002), os animais foram submetidos a seis

minutos de exercício intervalado de salto em piscina (30s de esforço x 30s de recuperação) suportando carga de 50% do peso corporal com objetivo de elevar a lactacidemia. Após nove minutos de recuperação, os ratos realizaram esforços progressivos com duração de 5 minutos, em intensidades equivalentes a 4,5; 5,0; 5,5; 6,0 e 7,0% do peso corporal, com coletas de sangue ao final de cada esforço. Nesse estudo, a intensidade de LM foi verificada em $4,95 \pm 0,10\%$ da massa corporal, em concentração de lactato $7,17 \pm 0,16\%$ mmol/L, indicando a possibilidade de utilização desse método para identificação da intensidade de esforço para ratos submetidos à natação.

Com objetivo de elaborar técnicas menos invasivas de avaliação Marangon et al. (2002) elaboraram o teste de potência crítica para natação com ratos, baseado no modelo proposto por Monod e Scherer (1965), para avaliação em humanos. O método de potência crítica é caracterizado pela necessidade de esforços exaustivos a partir dos quais se efetua análise matemática com os valores de tempos de exaustão e cargas equivalentes, para obtenção de dois parâmetros: o aeróbio (potência crítica), já bem validado, e o anaeróbio (capacidade de trabalho anaeróbio), ainda muito discutido na comunidade científica. Os resultados obtidos por Marangon et al. (2002) foram positivos, demonstrando possibilidade de aplicação desse modelo para avaliação da capacidade aeróbia (carga crítica – Ccrit) em ratos Wistar nadadores.

Apesar do modelo de potência crítica ser simples e não invasivo, observa-se que há necessidade de exaustão dos animais durante os esforços para identificação do tempo limite de exercício, reduzindo a aplicabilidade desse método. Por esse motivo, outro protocolo de avaliação não invasivo pode ser utilizado para avaliar o esforço aeróbio de natação com ratos. Esse protocolo é denominado como teste não-exaustivo de duplos esforços, sugerido inicialmente por Chassain (1986) em humanos e, posteriormente, adaptado para ratos nadadores (MANCHADO et al., 2006). Nesse experimento, ratos machos adultos realizaram quatro testes em diferentes intensidades (4%, 6%, 7% e 8% da mc) com intervalos de 48 horas. Esses animais foram submetidos a dois esforços de cinco minutos em cada intensidade, com pausa de dois minutos entre eles e coleta de sangue para análise do lactato sanguíneo ao final do primeiro e segundo esforços. Para cada intensidade foram realizados cálculos matemáticos, a fim de obter-se o valor de delta lactato subtraindo a concentração ao final do primeiro esforço da lactacidemia ao final do

segundo esforço. Como resultado final, uma interpolação linear individual foi plotada com os valores de delta lactato obtido em cada carga, permitindo a determinação do delta lactato nulo, equivalente a carga crítica (Ccrit). Posteriormente, a MFEL foi obtida em três testes contínuos com duração de 25 minutos cada. A Ccrit estimada foi $4,80 \pm 0,20\%$ da mc, com coeficientes de regressões lineares significantes ($R^2 = 0,90 \pm 0,03$). Em verificação final, os autores observaram a MFEL correspondendo a 100% de Ccrit, em concentração de lactato sanguíneo $5,20 \pm 0,10 \text{ mmol/L}$. A partir desses achados foi demonstrada a possibilidade de reprodução desse método para determinação da condição aeróbia de ratos, bem como sua igualdade e correlação com a MFEL durante o exercício de natação no rato.

Outro método bem conhecido para avaliação da capacidade aeróbia é descrito por Santos et al. (2000). Esse teste consiste na realização de natação em esforço submáximo, com sobrecarga equivalente a 5% da mc do rato. Durante uma hora e a cada dez minutos de esforço são realizadas coletas de lactato sanguíneo do animal para avaliação. Com base nos resultados é verificada a ocorrência do “steady state” de lactato para sobrecarga correspondente, concluindo assim, a predominância do esforço aeróbio. Atualmente, este tipo de avaliação, baseado em esforço submáximo, tem sido reproduzido em diversas pesquisas (DOS-SANTOS; MELLO, 2010; 2011).

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O exercício de natação aplicado no rato tem sido um modelo bastante utilizado em diversas pesquisas realizadas no âmbito da fisiologia experimental. Na vasta literatura, variados tipos treinamentos de natação têm sido propostos com a finalidade de se verificar os efeitos desses sobre o metabolismo do rato em condições fisiológicas normais ou alteradas.

No que diz respeito ao treinamento de natação com ratos, a literatura nos apresenta diversas classificações, sendo as mais utilizadas as de treinamento aeróbio e anaeróbio. Os treinamentos de natação aeróbios caracterizam-se pela natação de baixa intensidade, realizada continuamente e por um longo tempo. Já nos treinamentos anaeróbios, a intensidade utilizada é muito elevada e o esforço é dividido em breves séries com pausas entre essas.

Algumas décadas atrás, no início das pesquisas experimentais com a utilização da natação com ratos, havia certa dificuldade em se estabelecer a intensidade durante o exercício. No entanto, nesta última década foram desenvolvidos vários testes e avaliações para quantificação de esforço no modelo de natação aeróbio com ratos. A máxima fase estável de lactato, o lactato mínimo, o teste submáximo e o método de potência crítica são alguns exemplos de testes em que é possível identificar o esforço aeróbio do animal.

Além dos avanços quanto aos métodos de análise supracitados, outra interface tem se demonstrado promissora no que se refere ao treinamento de natação com ratos de forma periodizada. Apesar de existirem poucas evidências demonstrando os efeitos da periodização, esta é considerada importante durante o treinamento, seja em humanos ou em ratos, pois por meio dela é possível evitar quadros de supertreinamento ou mesmo estagnação, além de proporcionar uma melhor aptidão aeróbia quando comparada a outros tipos de treinamentos no rato.

Em síntese, é possível afirmar que o pesquisador responsável pela elaboração do protocolo de treinamento possui diversas ferramentas em suas mãos, principalmente do que diz respeito às técnicas de avaliação durante o treinamento de natação com ratos. Portanto, cabe a este mesmo pesquisador, em sua pesquisa, elaborar e fazer o uso do protocolo de treinamento ideal, adequando-o da melhor forma ao objetivo proposto em sua pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. F. et al. Efeitos do treinamento físico sobre a resistência mecânica do terço proximal do fêmur de ratos. **Acta Ortop Bras.**, v. 18, n. 5, p. 245-249, 2010.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. A quantidade é a qualidade de exercícios recomendados para o desenvolvimento e manutenção da aptidão física em adultos saudáveis. **Revista brasileira de ciência do esporte**. São Paulo, v. 3, p. 5-10, 1980.
- ARAUJO, G. G. et al. Protocols for hyperlactatemia induction in the lactate minimum test to swimming rats. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A**, v. 148, n. 4, p. 888-892, 2007.
- ARAUJO, G. G. et al. Padronização de um protocolo experimental de treinamento periodizado em natação utilizando ratos Wistar. **Rev Bras Med Esporte**, v. 16, p. 51-56, 2010.
- BAYOD, S. et al. Long-term treadmill exercise induces neuroprotective molecular changes in rat brain. **J Appl Physiol**. (In press), 2011.
- BOMPA, T. O. **A periodização no treinamento esportivo**. Barueri: Manole, 2001.
- BRAGA, L. et al. Exercício contínuo e intermitente: efeitos do treinamento e do destreinamento sobre o peso corporal e o metabolismo muscular de ratos obesos. **Rev Port Cien Desp.**, v. 6, n. 2, p. 160-169, 2006.
- CHASSAIN, A. Méthode d'appréciation objective de La tolérance de l'organisme á l'effort: application á la mesure des puissances de La fréquence cardiaque et de La lactatémie. **Science & Sports.**, v 1, p. 41-48, 1986.
- CONTARTEZE, R. V. L. et al. Biomarcadores de estresse em ratos exercitados por natação em intensidades igual e superior à máxima fase estável de lactato. **Rev Bras Med Esporte**, v. 13, n. 3, p. 169-174, 2007.
- CUNHA, T. S. et al. Relação entre a administração de esteróide anabólico androgênico, treinamento físico aeróbio e supercompensação do glicogênio. **Rev Bras Med Esporte**, v. 11, n. 3, p. 187-192, 2005a.
- CUNHA, T. S. et al. Vascular sensitivity to phenylephrine in rats submitted to anaerobic training and nandrolone treatment. **Hypertension**, v. 46, p. 1010-1015, 2005b.
- CUNHA, T. S. et al. Influence of high-intensity exercise training and anabolic androgenic steroid treatment on rat tissue glycogen content. **Life Sciences**, v. 77, p. 1030-1043, 2005c.
- CUNHA, V. N. C. et al. Treinamento de natação na intensidade do limiar anaeróbio melhora a aptidão funcional de ratos idosos. **Rev Bras Med Esporte**, v. 14, n. 6, p. 533-538, 2008.

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

DOS-SANTOS, J. W.; MELLO, M. A. Endurance swimming periodized training in rats. **Journal of Exercise Physiology Online**, v. 13, n. 5, p. 29-43, 2010.

DOS-SANTOS, J. W.; MELLO, M. A. Responses of blood lactate concentration in aerobic and anaerobic training protocols at different swimming exercise intensities in rats. **Journal of Exercise Physiology Online**, v. 14, n. 3, p. 34-42, 2011.

ENDLICH, P. W. et al. Involvement of the atrial natriuretic peptide in the reduction of arterial pressure induced by swimming but not by running training in hypertensive rats. **Peptides**, v. 32, p. 1706-1712, 2011.

FIGUEIRA, T. R. et al. Efeito do treinamento aeróbio sobre o conteúdo muscular de triglicérides e glicogênio em ratos. **R Bras Ci e Mov.**, v. 15, n. 2, p. 55-61, 2007.

FRANCO, F. S. C. et al. Efeitos da suplementação de creatina e do treinamento de potência sobre a performance e a massa corporal magra de ratos. **Rev Bras Med Esporte**, v. 13, n. 5, p. 297-302, 2007.

FRANCO, F. S. C. et al. The effects of high dosage of creatine and caffeine supplementation on the lean body mass composition os rats submitted to vertical jumping training. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 8, n. 3, p. 1-8, 2011.

FREITAS, J. S. et al. Treinamento aeróbio em natação melhora a respostas de parâmetros metabólicos de ratos durante teste de esforço. **Rev Bras Med Esporte**, v. 16, n. 2, p.134-138, 2010.

GARCIARENA, C. D. et al. Endurance training in the spontaneously hypertensive rat. **Hypertension**. v. 13, p. 708-714, 2009.

GOBATTO, C. A. et al. Maximal lactate steady state in rats submitted to swimming exercise. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A**, v. 130, p. 21-27, 2001.

GOMES, R. J. et al. Effects of swimming training on bone mass and the GH/IGF-1 axis in diabetic rats. **Growth Hormone & IGF Research.**, v. 16, p. 326-331, 2006.

GOUVÊA, H. A. et al. Análise eletrofisiográfica e histomorfométrica do músculo tibial anterior de ratos submetidos a treinamento aeróbico com natação. **Fit Perf J.**, v. 8, p. 49-55, 2009.

HOLLMAN, W.; HETTINGER, T. **Medicina do esporte**. Rio de Janeiro: Manole, 1983.

KIRÁLY, M. A. et al. Swim training prevents hyperglycemia in ZDF rats: mechanisms involved in the partial maintenance of β -cell function. **Am J Physiol Endocrinol Metab.**, v. 294, p. E271-283, 2007.

LIMA, C. et al. Anaerobic exercise reduces tumor growth, câncer cachexia and increases macrophage and lymphocyte response in Walker 256 tumor-bearing rats. **Eur J Appl Physiol.**, v. 104, p. 957-964, 2008.

LUNZ, W. et al. Long-term aerobic swimming training by rats reduces the number of aberrant crypt foci in 1,2-dimethylhydrazine-induced colon câncer. **Braz J Med Biol Res.**, v. 41, n. 11, p. 1000-1004, 2008.

MAGLISCHO, E. W. **Nadando ainda mais rápido.** São Paulo: Manole, 1999.

MANCHADO, F. B. et al. Non-exhaustive test for aerobic capacity determination in swimming rats. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism.**, v. 31, p.731-736, 2006.

MARANGON, L. et al. Utilization of an hyperbolic model for the determination of the critical load in swimming rats. **Medicine and Science in Sports and Exercise (suppl).**, v. 34, n. 5, p.149, 2002.

MATVEIÉV, L. P. **Treinamento desportivo: metodologia e treinamento.** São Paulo: Phorte, 1997.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F.I.; KATCH, L.V. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano.** 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.

MEDEIROS, A.; OLIVEIRA, E. M.; GLANOLLA, R.; CASARINI, D. E.; NEGRÃO, C. E.; BRUM, P. C. Swimming training increases cardiac vagal activity and induces cardiac hypertrophy in rats. **Braz J Med Biol Res.**, v. 37, p. 1909-1917, 2004.

MENEGUELLO; M. O.; COSTA ROSA, L. F. B. P. Efeito da restrição calórica e do exercício aeróbio em linfócitos e macrófagos de ratos envelhecidos. **Rev Paul Educ Fís.**, v. 16, p. 16-26, 2002.

MONOD, H.; SCHERER, J. The work capacity of synergic muscular group. **Ergonomics**, v. 8, p.329-338, 1965.

MORAES, C. F.; COSTA, E. C. S. Efeito do tratamento metformina associado ao exercício físico anaeróbio sobre as funções cardíacas de ratos diabéticos por aloxana. **Pensamento Plural**, v. 1, p. 49-58, 2007.

NUNES, W. M. S.; MELLO, M. A. R. Metabolismo glicídico em ratos submetidos a desnervação do músculo esquelético e ao exercício de natação. **Rev Bras Med Esporte**, v. 15, p. 42-45, 2009.

MYERS, J.; ASHLEY, E. Dangerous Curve: A perspective on exercise, lactate and anaerobic threshold. **Chest.**, v. 111, p. 787-795, 1997.

OGIHARA, C. A. et al. Exercise changes regional vascular control by commissural NTS in spontaneously hypertensive rats. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.**, v. 299, p. R291-R297, 2010.

OLIVEIRA, D. M. et al. Modulação do perfil lipídico e da glicemia de ratos diabéticos submetidos a treinamento anaeróbio de alta intensidade. **Investigação – Revista Científica da Universidade de Franca**, v. 7, n. 1/3, p. 53-60, 2007.

OLIVEIRA, C. A. M.; ROGATTO, G. P.; LUCIANO, E. Efeitos do treinamento físico de alta intensidade sobre os leucócitos de ratos diabéticos. **Rev Bras Med Esporte**, v. 8, n. 6, p. 219-224, 2002.

PAPOTI, M. et al. Máxima fase estável de lactato durante a natação em ratos recuperados de desnutrição protéica. **Motriz**, v. 9, n. 2, p. 97-104, 2003.

PRADA, F. J. A. et al. Condicionamento aeróbio e estresse oxidativo em ratos treinados por natação em intensidade equivalente ao limiar anaeróbio. **R Bras Ci e Mov.**, v. 12, n. 2, p. 29-34, 2004.

REMEDIO, R. N. et al. Histochemical and ultrastructural analysis of hepatic glycogen and collagen fibers in alloxan-induced diabetic rats submitted to long-term physical training. **Tissue and Cell.**, v. 43, n. 4, p. 207-215, 2011.

RIBEIRO, C. et al. Continuous and intermittent exercise training and glucose metabolism in neonatal alloxan administered rats. **J Endocrinol Metab**, v. 3, p. 101-112, 2011.

ROCHA, F. L. et al. Anabolic steroids induce cardiac renin-angiotensin system and impair the beneficial effects of aerobic training in rats. **Am J Physiol Heart Circ Physiol.**, v. 293, p. H-3575-H3583, 2007

ROGATTO, G. P.; LUCIANO, E. Perfil leucocitário de ratos submetidos ao exercício resistido crônico. **Biosci J.**, v. 18, p. 51-63, 2002.

SANTOS, J. W. **Protocolos de treinamento aeróbio intervalado e da periodização para natação com ratos**. Tese de Doutorado. Rio Claro: Instituto de Biociências, UNESP. Brasil, 2004.

SANTOS, J. W.; LUCIANO, E.; MELLO, M. A. R. Treinamento aeróbio e prevenção da diabetes induzida por aloxana em ratos. **Rev bras de ativ fís saúde**, v. 5, n. 3, p. 31-41, 2000.

SIGWALT, A. R. et al. Molecular aspects involved in swimming exercise training reducing anhedonia in a rat model of depression. **Neuroscience**. p. 1-14, 2011.

SILVA, M. P.; MARCONDES, M. C. C. G.; MELLO, A. R. Exercícios aeróbio e anaeróbio: efeitos sobre a gordura sérica e tecidual de ratos alimentados com dieta hiperlipídica. **Revista Atividade Física e Saúde**, v. 4, p. 43-56, 1999.

SILVEIRA, R. F. et al. Utilização de substratos energéticos após exercício agudo de ratos treinados aerobiamente por natação. **Motriz**, v. 13, p. 7-13, 2007.

SOCI, U. P. R. et al. Esteróide anabolizante inibe a angiogênese induzida pelo treinamento físico de natação em músculo sóleo de ratos normotensos. **Rev Bras Educ Fís Esporte**, v. 23, n. 3, p. 195-209, 2009.

SOUZA, H. C. D. et al. O bloqueio da síntese do óxido nítrico promove aumento da hipertrofia e da fibrose cardíaca em ratos submetidos a treinamento aeróbio. **Arq Bras Cardiol.**, v. 89, n. 2, p. 99-104, 2007.

TEGTBUR, U.; BUSSE, M. W.; BRAUMANN, K. M. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 25, p. 620-627, 1993.

TEODORI, R. M. et al. Swimming exercise in the acute or late phase after sciatic nerve crush accelerates nerve regeneration. **Neural Plasticity**, p. 1-8, 2011.

TONON, C. R. et al. Teor protéico da dieta e crescimento muscular em ratos submetidos ao treinamento anaeróbio. **Motriz**, v. 7, n. 2, p. 69-74, 2001.

UDINA, E.; PUIGDEMASA, A.; NAVARRO, X. Passive and active exercise improve regeneration and muscle reinnervation after peripheral nerve injury in the rat. **Muscle Nerve**, v. 43, p. 500-509, 2011a.

VOLTARELLI, F. A.; GOBATTO, C. A.; MELLO, M. A. R. Determination of anaerobic threshold in rats using lactate minimum test. **Braz J Med Biol Res.**, v. 35, p. 1389-1394, 2002.

VOLTARELLI, F. A.; GOBATTO, C. A.; MELLO, M. A. R. Determinação da transição metabólica através do teste do lactato mínimo em ratos desnutridos durante exercício de natação. **Revista da Educação Física/UEM**, v. 18, p. 33-39, 2007.

VOLTARELLI, F. A.; MELLO, M. A. R.; GOBATTO, C. A. Limiar anaeróbio determinado pelo teste do lactato mínimo em ratos: efeito dos estoques de glicogênio muscular e do treinamento físico. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 4, n. 3, p. 16-25, 2004.

WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. **Fisiologia do esporte e do exercício**. Barueri: Manole, 2001.