

# Oito semanas de treinamento moderado não altera a carga correspondente ao limiar de lactato em ratos idosos

Verusca N. C. Cunha  
Rafael R. Cunha  
Paulo R. Segundo  
Mateus E. Pacheco  
Sérgio R. Moreira  
Herbert G. Simões

Programa de Pós-Graduação Stricto-Senso  
em Educação Física  
Universidade Católica de Brasília-UCB  
Brasil

<https://doi.org/10.5628/rpcd.08.02.277>

## RESUMO

**Objetivo:** Analisar em ratos idosos os efeitos de oito semanas de treinamento aeróbico em carga correspondente ao limiar de lactato. **Métodos:** Dezesete ratos idosos (~ 478 dias/vida) foram divididos em Treinados (T; n=11) e Controle (C; n=6). Foram submetidos a um teste incremental antes e após 8 semanas de treinamento de natação (30 min/dia, 5/semanais, a ~5% do peso corporal) ou controle sem exercícios. O teste foi realizado com incrementos de 1% do peso corporal a cada 3 minutos até a exaustão. O limiar de lactato foi identificado por ajuste polinomial da resposta da razão lactato/carga. Após período experimental os animais foram sacrificados para cálculo da razão peso do coração/peso corporal. **Resultados:** O limiar de lactato não demonstrou diferença significativa com o treinamento em ambos os grupos (T:pré=5,1±0,7/pós=5,3±0,7%PC; C:pré=6,1±0,4/pós=6,4±0,6%PC;p>0,05). Quando calculada a variação do peso corporal do pré para o pós-experimento, constatou-se diferença significativa entre os grupos (T=-1,5±2,4% vs. C=6,4±3,3%;p<0,0001). Observou-se diferença de 13% da razão peso do coração/peso corporal entre grupos (T=0,29±0,04 vs. C=0,25±0,03;p<0,05). **Conclusão:** Embora alterações na razão peso do coração/peso corporal indiquem possíveis benefícios de eficiência cardiovascular decorrente do treinamento, a metodologia utilizada não resultou em melhora da capacidade aeróbia mensurada pelo limiar de lactato em ratos idosos.

**Palavras-chave:** limiar anaeróbico, natação, animais idosos, treinamento

## ABSTRACT

**Eight weeks of moderate exercise training does not change the load corresponding to lactate threshold in old-age rats**

**Objective:** To analyze in elderly rats the effect of eight weeks of aerobic training in corresponding load to the lactate threshold. **Methods:** Seventeen elderly rats (~ 478 days/life) had been divided in Trained (T; n=11) and Control (C; n=6). They underwent an incremental test before and after 8 weeks of swimming training (30 min/day, 5/weekly, ~5% body weight) or control without exercise. Incremental test was carried out with increments of 1% body weight each 3 minutes until exhaustion. Lactate threshold was identified by polynomial adjustment of the ratio lactate/workload. After experimental period animals were sacrificed for calculation of the ratio weight of the heart/body weight. **Results:** lactate threshold did not demonstrate significant difference with training in both groups (T:pre=5.1±0.7/post=5.3±0.7%PC; C:pre=6.1±0.4/post=6.4±0.6%PC;p>0.05). When calculated the variation of the body weight before and after training, significant difference between groups was evidenced (T=-1.5±2.4% vs. C=6.4±3.3%;p<0.0001). A 13% difference was observed in the ratio weight of heart/body weight between groups (T=0.29±0.04 vs. C=0.25±0.03;p<0.05). **Conclusion:** Although alterations in the ratio weight of heart/body weight indicate possible cardiovascular benefits because of training, the used protocol did not result in improvement of aerobic capacity evaluated by lactate threshold in elderly rats.

**Key-words:** lactate threshold, swimming, elderly animals, training

## INTRODUÇÃO

O limiar anaeróbio (Lan) é considerado como a carga de exercício a partir da qual ocorre um aumento exponencial na concentração de lactato sanguíneo [Lac]<sup>(30)</sup>. O acentuado aumento na [Lac] durante exercício incremental é geralmente interpretado por uma participação aumentada do metabolismo anaeróbio para a ressíntese de ATP<sup>(14)</sup>.

Diversos métodos têm sido utilizados para identificar o Lan em humanos, como o limiar ventilatório<sup>(35)</sup>, o limiar glicêmico<sup>(28)</sup> e o limiar de lactato (LL)<sup>(2)</sup>. O Lan também tem sido identificado em modelo animal, principalmente a partir da resposta da [Lac] na natação<sup>(13, 33)</sup>. A identificação do Lan tem sido considerada válida para diagnóstico da aptidão aeróbia, prescrição e acompanhamento do treinamento em humanos<sup>(30, 36)</sup> e em ratos adultos jovens<sup>(34)</sup>.

O treinamento aeróbio pode resultar em diversas adaptações cardiovasculares<sup>(22)</sup> e neuromusculares<sup>(16)</sup>, observáveis tanto em repouso como durante o exercício. Estas adaptações geralmente estão acompanhadas por diminuição do peso e da gordura corporal<sup>(4)</sup>, além disso, McCarthy et al.<sup>(19)</sup> ainda demonstrou um discreto aumento da área de secção transversa do quadríceps (3%) com treinamento por 10 semanas em cicloergômetro a 70% da frequência cardíaca de reserva, que quando comparado ao treinamento de força (12%) e ao treinamento concorrente (14%) mostrou-se significativamente menor. Alguns estudos têm demonstrado um aumento na massa e no volume do coração, além de diminuição da pressão arterial e da frequência cardíaca de repouso em consequência da sobrecarga imposta pelo exercício crônico<sup>(1, 22)</sup>.

A utilização da razão entre o peso do coração e o peso corporal (Pco/PC) também pode ser considerada para estimar a hipertrofia cardíaca após um período de treinamento, podendo ser útil como um indicativo de possíveis adaptações cardiovasculares<sup>(20)</sup>. Durante o envelhecimento ocorre a diminuição da aptidão aeróbia associada a uma redução da resistência muscular e da função cardiovascular e aumento da adiposidade<sup>(26)</sup>, podendo trazer consequências como um declínio da carga de exercício correspondente ao limiar anaeróbio ou ao estado estável de lactato sanguíneo<sup>(14, 18)</sup>, podendo levar a uma perda

da qualidade de vida e da independência funcional em idades mais avançadas<sup>(10, 11, 31)</sup>.

Alguns trabalhos, por utilizarem-se de manipulações invasivas em protocolos envolvendo exercício físico, têm sido realizados em modelo animal tanto em natação<sup>(13, 23, 34)</sup> como na corrida<sup>(3, 7, 24)</sup>. A maioria destes estudos tem procurado simular condições de estresse físico observadas em humanos, visando o melhor acompanhamento das alterações sistêmicas decorrentes do exercício agudo e crônico, e buscando melhor compreensão dos efeitos do exercício como tratamento não medicamentoso e/ou prevenção de doenças crônicas não transmissíveis associadas ao sedentarismo e ao envelhecimento. Contudo, ainda são poucos os trabalhos demonstrando os efeitos do treinamento aeróbio em ratos idosos, especialmente investigando as alterações na resposta da [Lac], na carga do limiar de lactato (LL) e em variáveis como a razão Pco/PC quando o treinamento é realizado na carga próxima ao LL. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi analisar em ratos idosos os efeitos de 8 semanas de treinamento aeróbio realizado em carga correspondente ao LL.

## METODOLOGIA

### Amostra

Foram utilizados ratos da linhagem Wistar (n=17), machos, idosos (478 dias de vida) e sedentários com peso corporal de 472 a 752 gramas, mantidos no Laboratório de Estudos em Educação Física e Saúde da Universidade Católica de Brasília (LEEFS) – UCB. Os animais foram alimentados com ração balanceada padrão (Purina®) e água “*ad libitum*” e distribuídos em gaiolas coletivas. A temperatura ambiente fora controlada a 25°C, sendo o laboratório com fotoperíodo de claro e escuro de 12 horas.

### Grupos experimentais

Os ratos foram divididos em dois grupos experimentais pareados por peso e idade (p>0,05), sendo um grupo controle (C) composto por seis ratos que não participaram do treinamento, com peso corporal de 614,0±83 gramas, e um grupo treinado (T) composto por 11 ratos submetidos ao treinamento de natação, com peso corporal de 617±78 gramas. Após o período experimental os animais foram sacrificados para coleta de material biológico (retirada do coração para posterior mensuração do peso).

### Adaptação ao meio líquido

A adaptação consistiu em manter os ratos em contato com a água em tanques coletivos à temperatura de  $30 \pm 2^\circ\text{C}$ , durante duas semanas, cinco dias por semana por 30 minutos, com o propósito de reduzir o estresse dos animais frente ao exercício físico realizado na água<sup>(13)</sup>. Essa metodologia foi realizada em ambos os grupos experimentais antes da avaliação da capacidade aeróbia. Os animais do grupo C foram readaptados para então ser realizado a segunda avaliação da capacidade aeróbia.

### Avaliação da capacidade aeróbia pré e pós-treinamento

Foram realizados testes e re-testes incrementais em natação para avaliação da capacidade aeróbia. Os testes constituíram de uma sobrecarga inicial referente ao peso corporal com incrementos de 1% da massa corporal (chumbo atado ao tórax do animal a partir de um fixador velcro®) a cada estágio de três minutos até a exaustão. Pausas de um minuto foram realizadas entre os estágios para troca das cargas e coleta das amostras sanguíneas<sup>(8)</sup>.

### Coleta, armazenagem e dosagens sanguíneas

Após assepsia local da cauda dos animais com álcool e utilizando-se de capilares de vidro calibrados e heparinizados, foram realizadas coletas sanguíneas de  $25\mu\text{l}$  de sangue retiradas da porção distal da cauda. A primeira gota coletada foi desprezada para evitar contaminação.

As amostras eram depositadas em microtubulos (Eppendorf®) contendo  $50\mu\text{l}$  de solução de fluoreto de sódio a 1%. A partir do método eletro-enzimático, e em um equipamento da marca *Yellow Springs Instruments-USA 2700-STAT*, as amostras eram analisadas para determinação das concentrações de lactato sanguíneo [Lac], sendo os resultados expressos em mM.

### Determinação do Limiar de Lactato (LL)

A determinação do LL foi realizada a partir do ajuste polinomial da resposta da razão [Lac]/carga durante o teste incremental (LLp) (Figura 1)<sup>(8)</sup>.

### Protocolo de treinamento aeróbio na natação

O protocolo de treinamento aeróbio foi realizado em tanques coletivos com água em temperatura de  $30 \pm 2^\circ\text{C}$ . O treinamento foi realizado com o grupo T

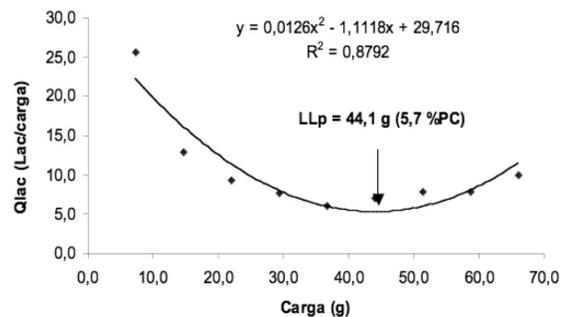


Figura 1. Exemplificação da determinação do limiar de lactato para um rato durante teste incremental pelo método polinomial.

durante 8 semanas em natação, sendo numa frequência de cinco dias semanais com duração de 30 minutos por dia. A carga do treinamento foi correspondente ao limiar anaeróbio<sup>(13)</sup>, sendo através de uma sobrecarga de 5% do peso corporal para cada rato. O grupo C não foi submetido ao protocolo de treinamento supracitado.

### Análise estatística

Estatística descritiva com valores de média e desvio padrão ( $\pm\text{DP}$ ) foi aplicada. Procedimentos para aplicação de função polinomial de segunda ordem foram utilizados para determinação das cargas relativas ao LLp, além disso, foram realizados cálculos para determinação da relação peso do coração/peso corporal (Pco/PC). Teste *T-student* pareado foi utilizado para comparações dentro do grupo do pré para o pós-treinamento e Teste *T-student* para amostras independentes quando na comparação entre grupos. O nível de significância do estudo foi  $p < 0,05$  (InStat versão 3.0 e *Microsoft Excel*).

### RESULTADOS

A tabela 1 apresenta os resultados obtidos na análise do limiar de lactato polinomial e do peso corporal da amostra avaliada.

Os valores de LLp (%PC) pré e pós experimento para os animais T e C não diferiram entre si (Tabela 1). Quando realizada comparações não pareadas entre grupos, observou-se que tanto nas condições pré como pós-experimento o grupo C demonstrou maiores valores para %PC em cargas correspondentes ao LLp ( $p < 0,05$ ).

Os valores médios da concentração de lactato referente ao LLp não diferiram entre si no grupo T, por outro lado, no grupo C para essa mesma variável ocorreu aumento significativo do pré para o pós-experimento (Tabela 1).

**Tabela 1. Média ( $\pm$ DP) da concentração de lactato sanguíneo (mM) e %PC referente ao limiar anaeróbio identificado (LLp) e peso corporal (PC) no pré e pós-treinamento para os grupos T e C.**

	Grupo Controle (C) (n=6)		Grupo Treinado (T) (n=11)	
	Pré	Pós	Pré	Pós
LLp (mM)	4,6 $\pm$ 1,6	6,1 $\pm$ 1,2†	3,1 $\pm$ 0,8	3,0 $\pm$ 0,8
LLp (g)	37,6 $\pm$ 4,8	40,7 $\pm$ 5,7	31,4 $\pm$ 4,4	32,3 $\pm$ 6,9
LLp (%PC)	6,1 $\pm$ 0,4	6,4 $\pm$ 0,6	5,1 $\pm$ 0,7‡	5,3 $\pm$ 0,7*
PC (g)	614 $\pm$ 83	652 $\pm$ 75†	617 $\pm$ 78	608 $\pm$ 86

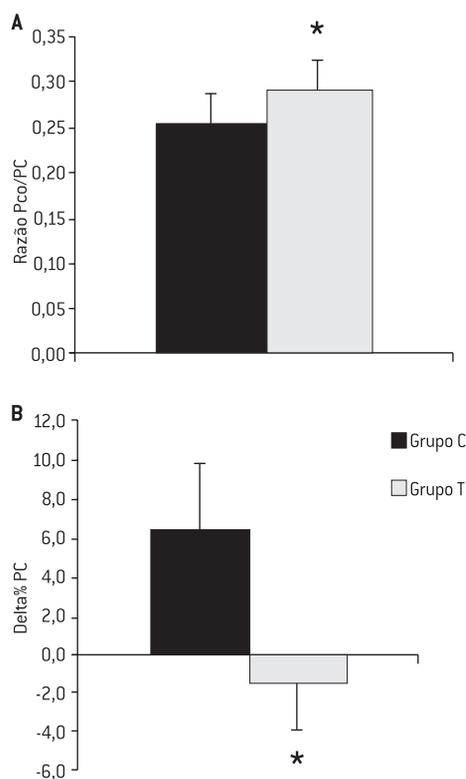
\* $p < 0,05$  em relação ao pós para grupo C; † $p < 0,05$  em relação ao pré C; ‡ $p < 0,05$  em relação ao pré para o grupo C; comparações entre grupos T e C para as variáveis LLp (mM), LLp (g) e PC (g), considerou-se não-aplicável.

Quando comparada à razão Pco/PC, observou-se diferença significativa entre os grupos C e T (Figura 2-A). Os ratos T não apresentaram modificação no peso corporal (PC) do pré para o pós-treinamento, diferindo do grupo não treinado que demonstrou um significativo ganho de PC (Tabela 1). Contudo, quando comparado os valores em delta percentual de redução do PC do grupo T e de aumento do PC do grupo C (Figura 2-B), observou-se diferença significativa (T = -1,5 $\pm$ 2,4 % vs C = 6,4 $\pm$ 3,3 %;  $p < 0,001$ ).

## DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo demonstraram a não ocorrência de melhora nas cargas associadas ao LLp em ratos idosos após 8 semanas de treinamento de natação durante 30 minutos ao dia com 5% do PC. Por outro lado, quando analisada a variável PC, o grupo T manteve resultados semelhantes aos do início do experimento, com o grupo C apresentando um significativo aumento do PC no pós-experimento (Tabela 1;  $p < 0,05$ ). Quando calculado o delta percentual do PC do pré para o pós-experimento (Figura 2-B), constatou-se diferença significativa entre grupos ( $p < 0,0001$ ).

Gobatto et al.<sup>(13)</sup> investigando ratos jovens não treinados, demonstraram que cargas entre 5 e 6% do PC



**Figura 2. Média ( $\pm$ DP) da razão Pco/PC nos grupos T e C (A) e do delta% do PC do pré para o pós-treinamento (B) nos ratos idosos. Grupo T - coluna com linha na diagonal e Grupo C - coluna cheia. \* $p < 0,05$  em relação ao grupo C**

representavam um equilíbrio entre a produção e a remoção da [Lac], sendo consideradas como cargas com predominância do componente aeróbio, o mesmo não ocorrendo em cargas superiores a 6% do PC. O presente estudo foi o primeiro a investigar em ratos idosos, os efeitos do treinamento aeróbio em cargas correspondentes ao LL (~5%PC). O exercício físico submete o coração a intensas sobrecargas fazendo com que ocorra um processo adaptativo com conseqüente aumento da espessura das paredes ventriculares<sup>(9)</sup>, buscando compensar o estresse adicional imposta ao coração<sup>(1)</sup>. Essa adaptação cardíaca proporciona uma melhor função do coração como bomba e uma maior eficiência do sistema cardiovascular em fornecer oxigênio aos músculos que se exercitam<sup>(12)</sup>.

No presente estudo, ao analisar resultados da razão Pco/PC entre grupos T e C (Figura 2-A), observou-se uma diferença de 13% ( $p < 0,05$ ), sugerindo que possa ter ocorrido uma melhora na eficiência da função cardíaca para os animais idosos treinados. No entanto, também é possível que a diferença da razão Pco/PC nos ratos treinados tenha ocorrido em consequência dos mesmos apresentarem um menor PC em comparação aos ratos C, que demonstraram um ganho significativo nesta variável após o período de treinamento (Tabela 1).

Uma das limitações do presente estudo foi não analisar as câmaras cardíacas separadamente, em especial do ventrículo esquerdo, uma vez que, o treinamento físico impõe um aumento na demanda de trabalho deste ventrículo com conseqüente hipertrofia, a qual é proporcional à carga e ao volume de treinamento<sup>(9, 20, 21)</sup>.

Contudo, mesmo com a razão Pco/PC maior em consequência de um menor PC dos ratos T, especula-se uma possível contribuição do treinamento sobre a função cardíaca. O treinamento provoca uma redução na atividade nervosa simpática<sup>(5)</sup>, com conseqüente reflexo na redução da frequência cardíaca<sup>(20)</sup>, possibilitando ao sistema cardiovascular um menor trabalho para suprir a demanda muscular, especialmente quando a massa corporal é reduzida.

No presente estudo foram constatados valores semelhantes de [Lac] no LLp para o grupo T entre pré e o pós-treinamento ( $p > 0,05$ ), já o grupo C apresentou aumento significativo nesta variável após 8 semanas de experimento ( $p < 0,05$ ), porém, sem demonstrar aumentos na carga relativa correspondente ao LLp (%PC), sugerindo uma maior eficiência com menor estresse metabólico para o grupo T quando comparado ao grupo C.

Carter et al.<sup>(6)</sup> investigaram o efeito de 6 semanas de corrida na aptidão aeróbia em atletas de endurance. Estes autores demonstraram que após o período de treinamento, ocorreram melhoras significativas no consumo máximo de oxigênio, velocidade de corrida associada ao máximo estado estável de lactato sanguíneo e ao limiar de lactato ( $p < 0,05$ ). Por outro lado, neste mesmo estudo não foi possível identificar melhora na velocidade correspondente ao teste de lactato mínimo, sugerindo estes autores a falta de sensibilidade no protocolo utilizado antes e após o

período de treinamento. Como evidenciado no estudo de Carter et al.<sup>(6)</sup>, no presente estudo também não foi possível verificar melhora no %PC correspondente ao LLp na amostra estudada, sugerindo a necessidade de novos estudos sobre a sensibilidade do protocolo proposto para determinação do limiar anaeróbio em ratos idosos.

Apesar da reconhecida melhora da aptidão aeróbia com o treinamento de endurance no ciclismo em humanos idosos<sup>(25)</sup> e na natação em ratos normotensos<sup>(21)</sup>, no presente estudo não foi possível identificar melhora na capacidade aeróbia de ratos idosos submetidos ao treinamento de natação. As possíveis explicações para os resultados encontrados especialmente no grupo T podem estar associadas inclusive a um possível excesso de treinamento com conseqüente aumento do estresse oxidativo<sup>(23, 29)</sup>, ou ainda a um treinamento débil, já que a sobrecarga de treinamento ideal para ratos idosos ainda não foi estabelecida.

O excesso de treinamento ou *overtraining* é um fenômeno observado em atletas indicando que o volume de treinamento está excedendo a capacidade de trabalho tolerável<sup>(29)</sup>. A fase que antecede o excesso de sobrecarga de treinamento é conhecida como *overreaching* onde o atleta apresenta um declínio no funcionamento do organismo com fadiga e diminuição dos níveis esperados de performance.

O objetivo do presente estudo não foi investigar variáveis relacionadas ao *overreaching*, porém, especula-se uma possível associação da carga e do volume de treinamento sem um adequado período de recuperação na amostra de ratos idosos, o qual poderia estar ocasionando uma sobrecarga significativa no metabolismo dos animais treinados, prejudicando as possíveis adaptações do treinamento aeróbio sobre a carga relativa do Lan, como outros estudos têm demonstrado<sup>(21,25)</sup>.

A literatura tem demonstrado a contribuição do exercício físico no tratamento de diferentes doenças, como o diabetes tipo-2<sup>(32)</sup>, a hipertensão arterial<sup>(17)</sup> e doenças cardiovasculares<sup>(15)</sup>, sendo que todas apresentam íntima relação com a obesidade<sup>(27)</sup>.

Braga et al.<sup>(4)</sup> em estudos sobre exercício físico e obesidade em ratos observaram redução do PC quando comparados grupos exercitados com grupos sedentários. Estes autores ainda relatam que o exer-

cício promove um aumento na lipólise pela ação contrarreguladora do glucagon, adrenalina, noradrenalina, glicocorticóides e hormônio do crescimento, possibilitando um desequilíbrio entre lipólise e lipogênese e um maior gasto energético em decorrência do exercício. No presente estudo observou-se no grupo C um ganho significativo de peso corporal após 8 semanas de experimento (Tabela 1), sugerindo que a falta de exercício físico sistematizado favoreça o ganho de PC, especialmente em fases do envelhecimento. Apesar de não termos avaliado os diferentes componentes da composição corporal, provavelmente este ganho de PC esteja associado ao aumento da massa gorda. Por outro lado, os ratos T não apresentaram mudanças significativas no PC após 8 semanas de treinamento (Tabela 1), corroborando com os achados de Carter et al.<sup>(6)</sup> aos quais não demonstraram alterações no PC em seu grupo após 6 semanas de treinamento, sugerindo a utilidade da natação como uma importante forma de exercício no combate ao sobrepeso para grupos de idosos como evidenciado no presente estudo (Figura 2-B).

Concluimos que, embora as alterações na razão Pco/PC indiquem possíveis benefícios relacionados à eficiência cardiovascular decorrente do treinamento aplicado, a metodologia de treinamento utilizada não resultou em melhora da capacidade aeróbia mensurada pelo LLp em ratos idosos. Sugerimos novos programas de treinamento analisando os efeitos de diferentes cargas e volumes de exercício (maiores ou menores que no presente estudo) em animais idosos, para um melhor esclarecimento das possíveis adaptações morfofisiológicas em decorrência do treinamento em modelos animais de investigação envolvendo exercício e envelhecimento.

#### CORRESPONDÊNCIA

Verusca N.C. Cunha e

Dr. Herbert Gustavo Simões

QS07, LT1 S/N- Sala 116 Bloco G

CEP 72030-170

Águas Claras – DF- Brasil

E-mail: najavrusk@gmail.com e hgsimões@gmail.com

#### BIBLIOGRAFIA

1. Azevedo LF, Brum PC, Roseblatt D, Negrão CE (2007). Características cardíacas e metabólicas de corredores de longa distância do ambulatório de cardiologia do esporte exercício de um hospital terciário. *Arq Bras Cardiol* 88 (1): 17-25.
2. Belli T, Ackermann A, Ribeiro LFP, Langeani R, Silva RG, Baldissera V (2006). Lactate and ventilatory thresholds in type 2 diabetic women. *Diabetes Res Clin Pract* 76 (1): 18-23.
3. Billat VL, Mouisel E, Roblot N, Melki J (2005). Inter- and intrastrain variation in mouse critical running speed. *J Appl Physiol* 98: 1258-1263.
4. Braga L, Mello M, Manchado F, Gobatto C (2006). 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* 6 (2): 160-169.
5. Brum PC, Forjaz CLM, Tinucci T, Negrão CE (2004). Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. *Rev Paul Educ Fís* 18:21-31.
6. Carter H, Jones AM, Doust JH (1999). Effects of 6 weeks of endurance training on the lactate minimum speed. *J Sports Sci* 17:957-967.
7. Carvalho JF, Masuda MO, Pompeu FAMS (2005). Method for diagnosis and control of aerobic training in rats based on lactate threshold. *Comp Biochem Physiol* 140 (A): 409-413.
8. Cunha RR, Segundo PR, Moreno JR, Pacheco ME, Farias DL, Campbell CSG, Simões HG (2006). Determinação do Limiar de Lactato em Ratos Idosos. In: *XXIX Simpósio Internacional de Ciências do Esporte*, 2006, São Paulo. A globalização do Esporte e da Atividade Física 14: 224-224.
9. Evangelista FS, Brum PC, Krieger JE (2003). Duration-controlled swimming exercise training induces cardiac hypertrophy in mice. *Braz J Med Biol Res* 36(12):1751-1759.
10. Fitzgerald MD, Tanaka H, Tran ZW, Seals D (1997). Age-related declines in maximal aerobic capacity in regularly exercising vs. sedentary women: a meta-analysis. *J Appl Physiol* 83:160-165.
11. Fleg JL, Morrell CH, Bos AG (2005). Accelerated Longitudinal decline of aerobic capacity in healthy older adults. *Circulation* 112 (5): 674-682.
12. Ghorayed N, Batlouni M, Pinto IMF, Dioguardi GS (2005). Hipertrofia ventricular esquerda do atleta. Resposta adaptativa fisiológica do coração. *Arq Bras Cardiol* 85(3):191-197.
13. Gobatto CA, Sibuya CY, Azevedo JRM, Luciano E, Kolubun E, Mello MAR (2001). Caracterização da intensidade de exercício e do efeito de treinamento físico no modelo de natação de ratos Wistar. *Motriz* 7(1): S57-S62.
14. Iredale KF, Nimmo MA (1997). The Effect of aging on the Lactate Threshold in Untrained Men. *J Aging Phys Act* 5:39-49.
15. Jónsdóttir S, Andersen KK, Sigurosson AF, Sigurosson SB (2006). The effect of physical training in chronic heart failure. *Eur J Heart Failure* 8:97-101.
16. Jubrias SA, Esselman PC, Price LB, Cress ME, Conley KE (2001). Large energetic adaptations of elderly muscle to resistance and endurance training. *J Appl Physiol* 90: 1663-1670.

17. Martin JE, Dubbert PM, Cushman WC (1990). Controlled trial of aerobic exercise in hypertension. *Circulation* 81:1560-1567.
18. Mattern OM, Gutilla MK, Bright DL, Kirby TE, Hinchcliff KW, Devor ST (2003). Maximal lactate steady state declines during the aging process. *J Appl Physiol* 95:2576-2582
19. McCarthy JP, Pozniak MA, Agre JC (2002). Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. *Med Sci Sports Exerc* 34(3): 511-519.
20. Medeiros A, Gianolla RM, Kalil LMP, Bacurau RFP, Rosa LFBC, Negrão CE, Brum PC (2000). Efeito do treinamento físico com natação sobre o sistema cardiovascular de ratos normotensos. *Rev Paul Educ Fis* 14(1):7-15.
21. Medeiros A, Oliveira EM, Gianolla R, Casarini DE, Negrão CE, Brum PC (2004). Swimming training increases cardiac vagal activity and induces cardiac hypertrophy in rats. *Braz J Med Biol Res* 37(12):1909-1917.
22. Negrão CE, Moreira ED, Santos MCLM, Farah VMA, Krieger EM (1992). Vagal function impairment after exercise training. *J Appl Physiol* 72:1749-53.
23. Ogonovszky H, Sasvári M, Dosek A, Berkes I, Kaneko T, Tahara S, Nakamoto H, Goto S, Radák Z (2005). The effects of moderate, strenuous, and overtraining on oxidative stress markers and DNA repair in rat liver. *Can J Appl Physiol* 30(2):186-195.
24. Podolin DA, Wills BK, Wood IO, Lopez M, Mazzeo RS, Roth A (2001). Attenuation of age-related declines in glucagon-mediated signal transduction in rat liver by exercise training. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 281:516-523.
25. Pogliaghi S, Terziotti P, Cevese A, Balestreri F, Schena F (2006). Adaptations to endurance training in the health elderly: arm cranking versus leg cycling. *Eur J Appl Physiol* 97:723-731.
26. Rosen MJ, Sorkin JD, Goldberg AP, Hagberg JM, Katzell LI (1998). Predictors of age-associated decline in maximal aerobic capacity: a comparison of four statistical models. *J Appl Physiol* 84: 2163-2170.
27. Rosenbaum M, Leibel RL, Hirsch J (1997). Obesity. *N Engl J Med* 7: 396-407.
28. Simões HG, Campbell CSG, Kushnick MR, Nakamura A, Katsanos CS, Baldissera V, Moffatt RJ (2003). Blood glucose threshold and the metabolic responses to incremental exercise tests with and without prior lactic acidosis induction. *Eur J Appl Physiol* 89(6): 603-611.
29. Smith D, Norris SR (2000). Changes in glutamine and glutamate concentrations for tracking training tolerance. *Med Sci Sports Exerc* 32(3): 684-689.
30. Svedahl K, MacIntosh BR (2003). Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Can J Appl Physiol* 28: 299-323.
31. Tanaka H, Seals DR (2003). Invited Review: Dynamic exercise performance in masters athletes: insight into the effects of primary human aging on physiological functional capacity. *J Appl Physiol* 95: 2152-2162.
32. Tokmakidis SP, Zois CE, Volaklis KA, Kotsa K, Touvrá A (2004). The effects of a combined strength and aerobic exercise program on glucose control and insulin action in women with type 2 diabetes. *Eur J Appl Physiol* 92: 437-442.
33. Voltarelli FA, Gobatto CA, Mello MAR (2002). Determination of anaerobic threshold in rats using the lactate minimum test. *Braz J Med Biol Res* 35 (11): 1389-1394.
34. Voltarelli FA, Mello MAR, Gobatto CA (2004). Limiar anaeróbio determinado pelo teste de lactato mínimo em ratos: efeito dos estoques de glicogênio muscular e do treinamento físico. *Rev Port Cien Desp* 4(3):16-25.
35. Wasserman K, Whipp BJ, Koyal N, Beaver WL (1973). Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 35(2): 236-243.
36. Weltman A, Snead D, Steina P, Seip R, Schurrer R, Rutt R, Weltman J (1990). Reliability and Validity of a continuous Incremental Treadmill Protocol for the Determination of Lactate Threshold, Fixed Blood Lactate Concentrations, and Vo2max. *Int J Sports Med* 11: 26-32.