

Determinação do limiar anaeróbio pela carga crítica superestima teste de lactato mínimo

Determination the anaerobic threshold for critical workload overestimates lactate minimum test

CASTOLDI RC, CAMARGO RCT, OZAKI GAT, GARCIA TA, DE ARAÚJO RG, MAGALHÃES AJB, PAPOTI M, FILHO JCSC. Determinação do limiar anaeróbio pela carga crítica superestima teste de lactato mínimo. *R. bras. Ci. e Mov* 2020;28(2):59-64.

RESUMO: Introdução: A utilização de métodos específicos de mensuração é de fundamental importância para a identificação da capacidade aeróbia e prescrição da intensidade de exercício. Normalmente esta definição é feita pela determinação do limiar anaeróbio (Lan) que corresponde à máxima fase estável entre produção e remoção de lactato sanguíneo (MFEL). Dentre as mais variadas formas de se determinar a MFEL estão os testes de lactato mínimo (LM) e carga crítica (CC). No entanto, não se sabe se a utilização dessas formas de avaliação pode acarretar em resultados distintos. Objetivo: O objetivo do presente estudo foi comparar os valores de Lan obtidos por meio dos testes de CC e de LM em ratos Wistar. Método: Foram utilizados 32 ratos machos (Wistar), com peso médio 411,0 (\pm 40,7 gramas), os quais foram submetidos às baterias de testes de CC e de LM. O teste de LM foi realizado com a indução à hiperlactacidemia com dois estímulos correspondentes a 13% do peso corporal (PC), seguido de intervalo passivo de nove minutos e teste incremental composto por estágios com duração de cinco minutos e cargas equivalentes a 4,0, 4,5, 5,0, 5,5, 6,0 e 7,0 % do PC. Já a CC foi obtida por meio da indução ao exercício em quatro diferentes estímulos randomizados, com cargas correspondentes a 7, 9, 11 e 13 % do PC. Resultados: Os resultados demonstraram que o Lan médio determinado pelo Teste de CC foi de $5,8 \pm 1,2\%$ do peso corporal (PC) e $4,9 \pm 0,6\%$ do PC determinado pelo Teste de LM. Conclusão: Pode-se concluir que o limiar anaeróbio determinado por meio do teste CC superestimou em 18,4% o valor obtido por meio do teste de LM.

Palavras-chave: Ácido láctico, Carga crítica, Limiar anaeróbio, Ratos Wistar.

ABSTRACT: Introduction: The utilization of specific measurement methods is of fundamental importance for the identification of aerobic capacity and prescription of exercise. This determination is usually made through measurement of the anaerobic threshold (Lan) which corresponds to the maximal lactate steady state (MLSS). Among the more varied forms of determination of MLSS are the minimum lactate (LM) and critical overload tests (CC). However, it is not known if the utilization of these forms of evaluation can lead to different results. Objective: The aim of this study was to compare the Lan values obtained through the CC and LM tests in Wistar rats. Method: For this purpose, 32 male Wistar rats were used, with an average weight of 411.0 ± 40.7 grams, submitted to CC and LM tests. The LM test was performed for the induction of a hyperlactacidemia with two stimuli corresponding to 13% of body weight (BW), followed by a passive interval of nine minutes and an incremental test composed of stages with a duration of five minutes and loads equivalent to 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, and 7.0% of BW. The CC was obtained through induced exercise in four randomized stimuli, with loads corresponding to 7, 9, 11, and 13% of BW. Results: It was observed that the mean anaerobic threshold determined by CC was $5.8 \pm 1.2\%$ BW, and determined by LM was $4.9 \pm 0.6\%$ BW. Conclusion: It is concluded that the anaerobic threshold determined through the critical workload test overestimates the value obtained through the lactate minimum test by 18.4%, thus impeding its use as an aerobic training intensity predictor in Wistar rats. Keywords: Lactic acid, Critical load, Anaerobic threshold, Wistar rats.

Keywords: Lactic acid, Critical load, Anaerobic threshold, Wistar rats.

Robson C. Castoldi¹
Regina C.T. Camargo¹
Guilherme A.T. Ozaki²
Thiago A. Garcia²
Rafael G. De Araújo¹
Alan J.B. Magalhães²
Marcelo Papoti³
José C.S.C. Filho¹

¹ Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente

² Faculdade de Ciências Médicas – UNICAMP

³ Universidade de São Paulo

Recebido: 05/06/2019

Aceito: 25/09/2019

Contato: Robson Chacon Castoldi - castoldi_rc@yahoo.com.br

Introdução

A determinação da capacidade aeróbia é essencial para a identificação do limiar anaeróbio (Lan) e prescrição da intensidade de esforço¹. Dentre as mais diversas formas de avaliação e identificação do Lan, está a máxima fase estável de lactato sanguíneo (MFEL), que é considerada como método “padrão ouro” em métodos de mensuração^{1,2}.

No entanto, este método possui algumas desvantagens em relação à praticidade, pois utiliza amostras sanguíneas como forma de análise. Além disso, o alto custo, complexidade e a maior demanda de tempo para ser realizado, torna-se um método de difícil utilização em atletas de alto rendimento por prejudicar a periodização do treinamento³.

Neste contexto, com a finalidade de se facilitar a determinação da Lan, métodos alternativos foram desenvolvidos com a vantagem de apresentarem baixo custo, facilidade na execução e redução na interferência das sessões de treinamento. Dentre diversas formas de avaliação, existem modelos denominados como potência crítica⁴ e o teste de lactato mínimo^{5,6}.

O modelo de potência crítica para determinação da Lan foi descrito inicialmente por Hill⁷ e posteriormente adaptado para o uso em animais durante exercício de natação, recebendo a nomenclatura de “carga crítica” (CC)⁴. Já o teste de lactato mínimo (LM) foi desenvolvido por Tegtbur et al.⁵ e adaptado para o uso em animais por Voltarelli et al.⁸.

Desde então, essas formas de avaliação têm sido utilizadas como método de avaliação do Lan^{4,9,10,11}. No entanto, percebe-se a falta de estudos comparando diferentes métodos de mensuração, especialmente os testes de CC e LM.

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi comparar a determinação do Lan por meio dos protocolos de CC e LM.

Método

Amostra

No presente estudo foram utilizados 32 ratos machos adultos (90 dias) da raça Wistar, com peso médio de 411.0 (\pm 40.7 gramas). Permaneceram em grupos de cinco animais por caixa (polietileno), com temperatura ambiente de (22 \pm 2°C) e luminosidade (ciclo claro/escuro de doze horas) controlados e livre acesso à água e alimentação (ração para ratos de laboratório). Este estudo foi aprovado por um Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA).

Período de Adaptação

Anteriormente ao período de avaliação, os animais foram submetidos a duas semanas de adaptação ao meio líquido e ao uso do equipamento especificamente desenvolvido para a realização do exercício de natação (Figura 1). O período de adaptação foi composto pela inserção dos animais com o equipamento desenvolvido para o exercício de natação em tubos de policloreto de vinila (PVC), 3x/semana em dias não consecutivos e volume de água progressivamente aumentado. Tal utilização contribuiu para a diminuição do estresse sofrido pelo animal, porém, sem gerar ganhos significativos na capacidade física^{4,9}.

Equipamentos utilizados

Foi utilizado um tanque com tubos cilíndricos de PVC de 25 cm de diâmetro e 100 cm de altura, com água na profundidade de 70 cm, previamente aquecida (30 \pm 1°C)^{12,13}. A sobrecarga foi acomodada na região do torso do animal de modo a não prejudicar o movimento do exercício de natação.

Teste de Lactato Mínimo (LM)

Para a determinação da capacidade aeróbia, foi utilizado o protocolo de lactato mínimo (LM), adaptado por Araújo et al.¹⁴ com exercício físico de natação para ratos Wistar. O protocolo foi iniciado com uma indução à hiperlactacidemia com carga correspondente a 13% do peso corporal (PC) de cada animal.

Os animais realizaram dois esforços, sendo o primeiro com duração de 30s de natação e, após intervalo de 30s, a realização do segundo esforço com a mesma sobrecarga até a exaustão⁷. Em seguida, para a determinação da concentração pico de lactato ([LAC]_{PICO}) os animais permaneceram em repouso passivo por nove minutos, momento no qual foram coletadas as amostras sanguíneas nos minutos 1, 3, 5, 7 e 9. Logo após, foi realizado o Teste incremental composto por estágios com duração de cinco minutos e sobrecargas equivalentes a 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0 e 7.0 % do PC. Além disso, foi estabelecido o intervalo de um minuto para a coleta da amostra de sangue e aumento da sobrecarga¹⁵.

A relação obtida entre a concentração de lactato e a carga (porcentagem de peso corporal) foi ajustada por uma equação polinomial de segunda ordem¹⁶, sendo que o Lan considerado como o resultado dessa equação ($y = b/2*a$). Dessa maneira, os valores de a e b foram correlacionados com as variáveis x^2 e x , respectivamente (Figura 1).

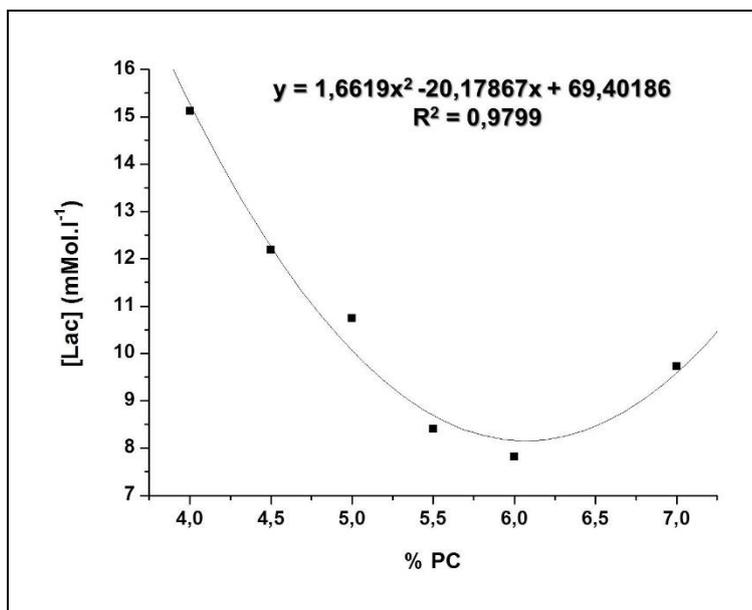


Figura 1. Exemplo da curva de concentração de lactato de um dos animais analisados para a determinação da capacidade aeróbia por meio do protocolo de lactato mínimo.

Teste de Carga Crítica (CC)

A determinação da Lan por meio da carga crítica (CC) foi obtida por meio da indução ao exercício em quatro diferentes estímulos, sendo estes randomizados e com cargas correspondentes a 7, 9, 11 e 13% do Peso Corporal (PC), no qual a exaustão foi estabelecida entre dois e dez minutos, como proposto por Hill⁷ e utilizado por Machado et al.¹¹.

Para isso, o tempo de realização do exercício em cada carga foi cronometrado com a utilização de um cronômetro específico (TIMEX®, modelo 85103). Cada esforço foi realizado com intervalo de 24 horas, conforme proposto por [Chimin et al.⁴](#). Após isso, foi realizada uma regressão linear entre a carga e o inverso do tempo limite de cada esforço (1/tlim), a partir da qual foi gerada uma equação na qual se pode verificar o valor correspondente à capacidade aeróbia⁹, representado pela variável b da equação: $y = a.x + b$ (Figura 2).

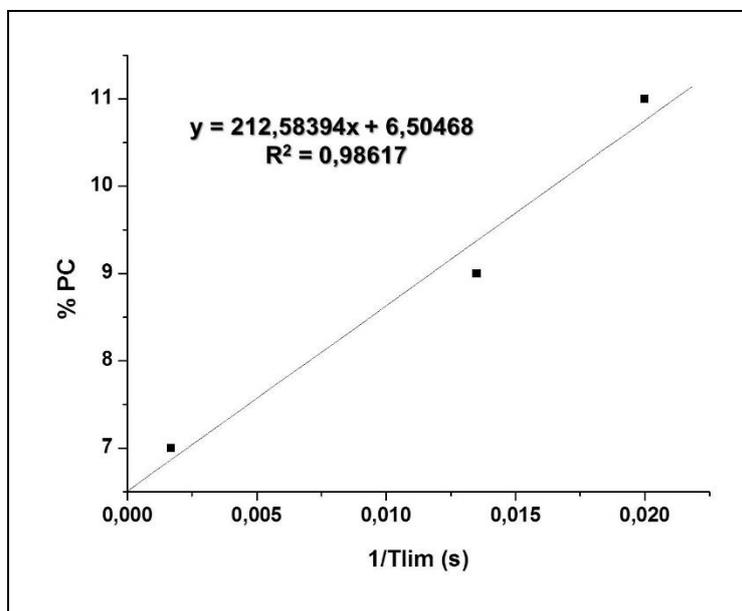


Figura 2. Regressão linear realizada com o tempo e a carga de um dos animais analisados para a determinação da capacidade aeróbia por meio do protocolo de carga crítica.

Análise Estatística

Todos os dados foram expressos em média e desvio padrão. Para testar a normalidade dos dados, foi realizado o teste de *Shapiro-Wilk*, e sendo os mesmos considerados normais, avançou-se para a utilização de estatística paramétrica. Foi realizado o teste t pareado de *Student* para a comparação da capacidade aeróbia determinada por meio do LM e da CC. Além disso, realizou-se o teste de correlação intraclassa para verificar a interação entre os dados, e também a análise gráfica de *Bland & Altman* para verificar a associação entre os dois métodos de determinação da capacidade aeróbia.

Todas as análises foram realizadas com o auxílio do pacote estatístico SPSS 22.0® e valor nível de significância pré-fixado em 5% ($p < 0,05$).

Resultados

Após a obtenção dos resultados, foi verificado que o Lan determinado por meio da CC foi em 18,4% maior do que o determinado pelo LM ($p < 0,001$) (Figura 3).

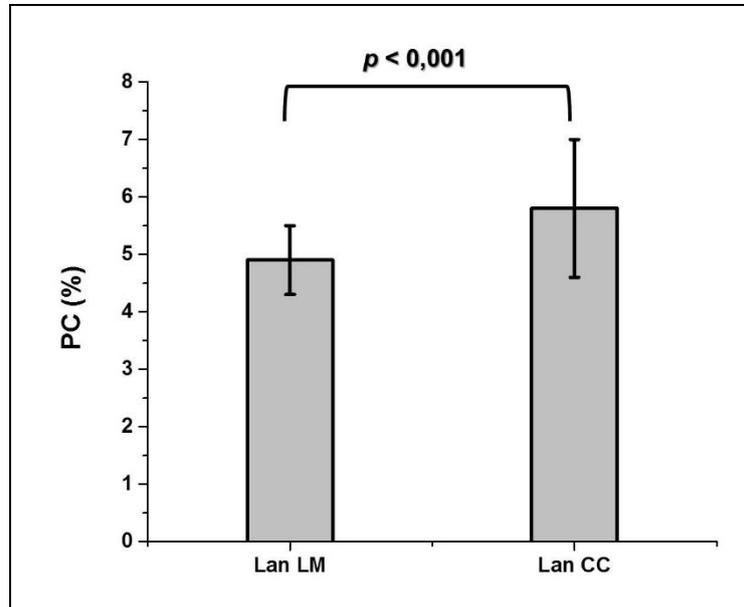


Figura 3. Comparação de determinação da capacidade aeróbia entre os métodos LM e CC (n = 32).

A correlação intraclassa foi realizada para se verificar a relação entre variáveis. Pode-se observar que as variáveis analisadas não foram correlacionadas entre si ($p = 0,07$) (Tabela 1).

Tabela 1. Correlação intraclassa realizada entre os dois métodos de determinação da capacidade aeróbia utilizados neste estudo (n = 32).

Variáveis	Lan LM (Md ± DP)	Lan CC (Md ± DP)	r	p
	4,9 ± 0,6	5,8 ± 1,2	- 0,181	0,07

Lan LM: capacidade aeróbia determinada por meio do teste de lactato mínimo em % de peso corporal; Lan CC: capacidade aeróbia determinada por meio do teste de carga crítica em percentual de peso corporal.

Por fim, após a realização da análise gráfica de *Bland & Altman*, foi possível observar que apesar de alguns pontos se distanciarem dos valores médios, a maioria dos valores demonstram aproximação entre si na determinação da capacidade aeróbia, principalmente entre os valores referentes a cinco e seis por cento (5 e 6%) do Lan.

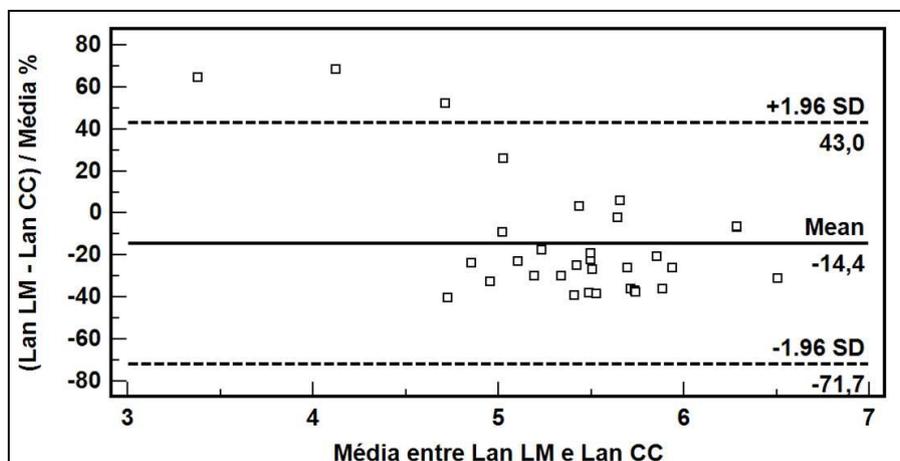


Figura 4. Análise gráfica de *Bland & Altman* entre as determinações de capacidade aeróbia por meio de LM e CC.

Discussão

O objetivo do presente estudo foi comparar o limiar anaeróbio (Lan) determinado por meio dos testes de carga crítica (CC) e lactato mínimo (LM). Foi observado que o Lan determinado por meio da CC foi de 18,4% superior ao determinado por meio do LM ($p < 0,01$). Além disso, foi verificado que a média dos valores do Lan obtidos no teste de CC foi de 5,8 ($\pm 1,2\%$), enquanto pelo teste de LM foi 4,9 ($\pm 0,6$) por cento do peso corporal (%PC).

Quando observado os resultados obtidos pelo teste de dispersão de Bland & Altman¹⁷, apesar de alguns resultados se afastarem da média nos valores próximos a 3,5 e 4,5 do %PC, foi verificado que a maioria deles demonstraram aproximação entre os valores referentes à determinação do Lan pelos dois diferentes testes, principalmente entre os valores correspondentes entre 5,0 e 6,0% do PC. No entanto, quando observada a correlação intraclasse, não foi verificada diferença estatisticamente significativa entre as variáveis ($p > 0,05$).

Nesse sentido, observa-se que o valor encontrado no teste de LM foi mais próximo ao valor estabelecido na literatura pela MFEL, considerada como “padrão ouro” em métodos de mensuração, do que quando comparado ao teste de CC (4,9 vs 5,8 %PC, respectivamente). No estudo de Manchado et al.¹, o Lan de ratos Wistar foi avaliado em diferentes ergômetros e foi verificado que no caso da natação, o valor de Lan correspondeu a 5,0% do PC.

Os resultados encontrados no presente estudo corroboram com o conhecimento prévio estabelecido na Literatura. Uma vez que já é sabido que o modelo de potência crítica desenvolvido por Hill⁷ para determinação do Lan, superestima em aproximadamente 20% (13-28%) os resultados obtidos pela MFEL^{7,18,19}.

O teste de CC é uma adaptação do modelo de potência crítica, estabelecido para o uso em animais e utilizado em exercício de natação²⁰. Apesar de superestimar os valores da Lan, o teste de CC pode ser útil em modelos de avaliação, especialmente por apresentar baixo custo e facilidade em sua realização²¹.

Por outro lado, sabendo que este método superestima os resultados obtidos pela MFEL, o pesquisador pode corrigir o erro e assim, prescrever intensidades de exercícios de forma confiável, como é o caso de estudos realizados previamente em modelo animal^{4,9,10,11,12,21}.

Neste sentido, nota-se que tanto o teste de LM quanto o de CC, podem ser utilizados como métodos de mensuração do Lan^{13,20,21}. Além disso, o teste de LM aparentemente demonstra maior sensibilidade quando comparados com os valores estabelecidos pelo método considerado como “padrão ouro”.

Sendo assim, o presente estudo colabora com a literatura ao comparar dois métodos de mensuração para identificação da capacidade aeróbia. No entanto, algumas limitações devem ser consideradas, como a não confrontação da CC com a MFEL, considerada como “padrão ouro” em métodos de mensuração. Além disso, não foram observadas outras variáveis que possam ter contribuído com a superestimação do Lan, como valores antropométricos e diferentes modelos de ergômetros.

Conclusão

Conclui-se que o método de determinação do Lan por meio da CC, superestimou a determinação por meio do teste LM em 18,4%.

Agradecimentos

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio no desenvolvimento da presente pesquisa.

Referências

1. Manchado FB, Gobatto CA, Contarteze RVL, Papoti M, De Mello MAR. Máxima fase estável de lactato é ergômetro-dependente em modelo experimental utilizando ratos. *Rev bras med esporte* 2006;12(5), 259-262.
2. De Souza MR, Barbosa LF, Caritá RAC, Denadai BS, Greco CC. Efeito da recuperação na máxima fase estável de lactato sanguíneo. *Motriz* 2011;17(2):311-317.
3. Heck H, Mader A, Hess G, Mücke S, Müller R, Hollmann W. Justification of the 4- mmol/L lactate threshold. *Int J Sports Med* 1985;6(3):117-30.
4. Chimin P, Araújo GG, Macnchado-Gobatto FB, Gobatto CA. Critical load during continuous and discontinuous training in swimming Wistar rats. *Motri* 2009;5(4):45–58.
5. Tegtbur U, Busse MW, Braumann KM. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25(5):620-627.
6. Sotero RC, Pardono E, Landwehr R, Campbell CSG, Simões HG. Blood glucose minimum predicts maximal lactate steady state on running. *Int J Sports Med* 2009;30(9):643-646.
7. Hill DW. The critical power concept. *Sports Med* 1993;16(4):237-254.
8. Voltarelli FA, Gobatto CA, De Mello MAR. Determination of anaerobic threshold in rats using the lactate minimum test. *Braz J Med Biol Res* 2002;35(11):1389-1394.

9. Castoldi RC, Camargo RCT, Magalhães AJB, Ozaki GAT, Kodama FY, Oikawa S M, et al. Concurrent training effect on muscle fibers in Wistar rats. *Motriz* 2013;19(4):717-723.
10. Gobatto CA, De Mello MAR, Gobatto FDBM, Papoti M, Voltarelli FA, Contarteze RVL, De Araujo GG. Avaliações fisiológicas adaptadas a roedores: aplicações ao treinamento em diferentes modelos experimentais. *Rev Mackenzie Educ Fís Esporte* 2009;7(1):137-147.
11. Machado J, Horie G, Castoldi R, Camargo R, Camargo Filho J. Efeito do treinamento concorrente na composição corporal e massa muscular de ratos Wistar. *R bras Ci e Mov* 2014;22(3):34-42.
12. Castoldi RC, Louzada MJQ, Ozaki GAT, Oliveira BRSM, Koike TE, Garcia TA, et al. Effects of concurrent training on bone mineral density of rats. *Motriz* 2017;23(1):71-75.
13. Ozaki GAT, Koike TE, Castoldi RC, Garçon AAB, Camargo Filho JCS, Camargo RCT. Efeitos da remobilização por meio de exercício físico sobre a densidade óssea de ratos adultos e idosos. *Motri* 2014;10(3):71-78.
14. Araujo GG, Papoti M, Manchado FB, Mello MAR, Gobatto CA. Protocols for hyperlactatemia induction in the lactate minimum test adapted to swimming rats. *Comp Biochem Physiol, Part A Mol Integr Physiol* 2007;148(4):888-892.
15. Teixeira GR, Gobbo LA, Dos Santos NJ, De Araújo RG, Dos Santos CC, De Mello Malheiro OC, et al. The effect of β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) on the morphology of skeletal muscle after concurrent training. *Motriz* 2016;22(3):190-197.
16. Ozaki GAT, Papoti M, Koike TE, Castoldi RC, Kodama YF, Camargo RCT, Camargo Filho JCS. Análises das capacidades aeróbia e anaeróbia de ratos adultos e idosos. *R bras Ci e Mov* 2016;24(3):11-18.
17. Bland JM, Altman DG. Measuring agreement in method comparison studies. *Stat Methods Med Res* 1999;8(2):135-160.
18. Housh TJ, Devries HA, Housh OJ, Tichy MW, Smyth KD, Tichy AM. The relationship between critical power and the onset of blood lactate accumulation. *J Sports Med Phys Fitness* 1991;31(1):31-36.
19. Mclellan TM, Cheung KSY. A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24(5):543-550.
20. Manchado FB, Gobatto CA, Voltarelli FA, Mello MAR. Non-exhaustive test for aerobic capacity determination in swimming rats. *Appl Physiol Nutr Metab* 2006;31(6):731-736.
21. Castoldi RC, Coladello LF, Koike TE, Ozaki GAT, Magalhães AJB, Papoti M, et al. Effect of body composition on aerobic capacity of animals submitted to swimming exercise. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2016;18(2), 136-142.