

Comparação entre a utilização de saliva e sangue para determinação do lactato mínimo em cicloergômetro e ergômetro de braço em mesa-tenistas

Alessandro Moura Zagatto^{1,4}, Marcelo Papoti^{4,5}, Fabrício Caputo³, Olga de Castro Mendes⁵, Benedito Sergio Denadai³, Vilmar Baldissera² e Claudio Alexandre Gobatto⁴

RESUMO

O objetivo do estudo foi verificar a possibilidade de determinar o teste de lactato mínimo (TLM) com concentrações de sódio (Na^+), potássio (K^+) e lactato (LAC) na saliva em ergômetro de braço e cicloergômetro. Foram participantes deste estudo oito mesa-tenistas de nível internacional. Como estímulo anaeróbico no TLM em ambos os ergômetros foram utilizados testes máximos de 30 segundos. No ergômetro de braço isocinético (Cybex UBE 2432) foi aplicada a força máxima com rotação fixa em 102rpm e no cicloergômetro, aplicada a carga de 7,5% do peso corporal (Kp). Após o estímulo anaeróbico no ergômetro de braço, foi iniciado um teste incremental com rotações na manivela constante a 60rpm, iniciando a 49 watts com aumento de 16 watts a cada estágio de três minutos de exercício. A intensidade correspondente ao TLM foi determinado com amostras de sangue e saliva ($\text{LAC}_{\min_{\text{braço}}}$; $\text{Na}^{+}\min_{\text{braço-saliva}}$ e $\text{K}^{+}\min_{\text{braço-saliva}}$, respectivamente). Para o cicloergômetro, a carga inicial foi de 85 watts e aumento de 17 watts com rotação do pedal constante a 70rpm. Cada estágio de exercício também teve a duração de três minutos. O LAC_{\min} foi determinado utilizando amostras de sangue e saliva ($\text{LAC}_{\min_{\text{ciclo}}}$; $\text{Na}^{+}\min_{\text{ciclo-saliva}}$, $\text{K}^{+}\min_{\text{ciclo-saliva}}$ e $\text{LAC}_{\min_{\text{ciclo-saliva}}}$, respectivamente). Em ambos os ergômetros, as intensidades obtidas no TLM foram correspondentes à derivada zero do ajuste polinomial entre metabólito versus intensidade. Foram utilizados, como procedimentos estatísticos, o teste ANOVA One Way, teste *t* de Student pareado e teste de correlação de Pearson com níveis de significância de 5%. Os LAC_{\min} determinados com amostras de sangue e de saliva, tanto para o ergômetro de braço ($\text{LAC}_{\min_{\text{braço}}} 91,71 \pm 12,43$; $\text{Na}^{+}\min_{\text{braço-saliva}} 71,99 \pm 23,42$; $\text{K}^{+}\min_{\text{braço-saliva}} 79,67 \pm 17,72$), quanto para cicloergômetro ($\text{LAC}_{\min_{\text{ciclo}}} 157,68 \pm 13,48$; $\text{LAC}_{\min_{\text{ciclo-saliva}}} 135,49 \pm 33,2$; $\text{Na}^{+}\min_{\text{ciclo-saliva}} 121,81 \pm 51,31$; $\text{K}^{+}\min_{\text{ciclo-saliva}} 135,49 \pm 33,21$), não foram diferentes significativamente. Contudo, essas intensidades não apresentaram correlações significativas. Pode-se então concluir que a utilização de metabólitos na saliva para determinação do TLM não parece ser possível para esse protocolo quando os ergômetros utilizados são o ergômetro de braço isocinético e o cicloergômetro.

1. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Campo Grande, MS.
2. Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos, SP.
3. Laboratório de Performance Humana, IB, Unesp, Rio Claro, SP.
4. Laboratório de Biodinâmica, IB, Unesp, Rio Claro, SP.
5. Faculdades Integradas de Bauru – FIB, Bauru, SP.

Recebido em 14/10/04. 2ª versão recebida em 16/11/04. Aceito em 17/11/04.

Endereço para correspondência: Alessandro Moura Zagatto, UFMS – Departamento de Educação Física, Av. Costa e Silva, s/n, Cidade Universitária – 79070-900 – Campo Grande, MS – Caixa Postal 549. E-mail: azagatto@yahoo.com.br

Palavras-chave: Lactato. Sódio. Potássio. Limiar anaeróbico.

Palabras-clave: Lactato. Sodio. Potasio. Umbral anaeróbico.

RESUMEN

Comparacion entre la utilizacion de saliva y sangre para la determinacion del lactato minimo en cicloergómetro y ergómetro de brazo en tenistas de mesa

El objetivo de estudio fué el de verificar la posibilidad de determinar el test de lactato mínimo (TLM) con concentraciones de sodio (Na^+), potasio (K^+) y lactato (LAC) en la saliva en ergómetro de brazo y cicloergómetro. Fueron participantes de este estudio ocho tenistas de mesa de nivel internacional. Como estímulo anaeróbico en el TLM en ambos ergómetros, fueron utilizados tests máximos de 30 segundos. En el ergómetro de brazo isocinético (CYBEX UBE 2432) fué aplicada la fuerza máxima con rotación fija en 102 rpm en el cicloergómetro aplicando una carga de 7,5% del peso corporal (Kp). Despues del estímulo anaeróbico en el ergómetro de brazo, fué iniciado un test incremental con rotaciones en la manivela constante a 60 rpm, iniciando a 49 Watts con aumento de 16 Watts en cada etapa de 3 minutos del ejercicio. La intensidad correspondiente al TLM fué determinado con muestras de sangre y saliva ($\text{LAC}_{\min_{\text{brazo}}}$; $\text{Na}^{+}\min_{\text{braço-saliva}}$ e $\text{K}^{+}\min_{\text{braço-saliva}}$, respectivamente). Para el cicloergómetro, la carga inicial fue de 85 Watts y aumento de 17 Watts con rotación del pedal constante a 70 rpm. Cada etapa de ejercicio también tiene una duración de 3 minutos. El LAC_{\min} fué determinado utilizando las muestras de sangre y saliva ($\text{LAC}_{\min_{\text{ciclo}}}$; $\text{Na}^{+}\min_{\text{ciclo-saliva}}$, $\text{K}^{+}\min_{\text{ciclo-saliva}}$ e $\text{LAC}_{\min_{\text{ciclo-saliva}}}$, respectivamente). En ambos ergómetros, las intensidades obtenidas en el TLM fueron correspondientes a la derivada cero del ajuste polinomial entre metabólito versus intensidad. Fueron utilizados como procedimientos estadísticos, el test ANOVA One Way, test "t" de Student apareado al test de correlación de Pearson con niveles de significancia de 5%. Los LAC_{\min} determinados con muestras de sangre y de saliva tanto para el ergómetro de brazo ($\text{LAC}_{\min_{\text{braço}}} 91,71 \pm 12,43$; $\text{Na}^{+}\min_{\text{braço-saliva}} 71,99 \pm 23,42$; $\text{K}^{+}\min_{\text{braço-saliva}} 79,67 \pm 17,72$), como para el cicloergómetro ($\text{LAC}_{\min_{\text{ciclo}}} 157,68 \pm 13,48$; $\text{LAC}_{\min_{\text{ciclo-saliva}}} 135,49 \pm 33,2$; $\text{Na}^{+}\min_{\text{ciclo-saliva}} 121,81 \pm 51,31$; $\text{K}^{+}\min_{\text{ciclo-saliva}} 135,49 \pm 33,21$) no fueron diferentes significativamente. Con todo, estas intensidades no presentaron correlaciones significativas. Se puede entonces concluir que la utilización de los metabólitos en la saliva para la determinación de la del TLM no parece ser posible para este protocolo cuando los ergómetros utilizados son el ergómetro de brazo isocinético y el cicloergómetro.

INTRODUÇÃO

A concentração de lactato sanguíneo [LAC] tem mostrado ser uma ótima ferramenta para o monitoramento do treinamento⁽¹⁾, predição da performance de endurance⁽²⁻⁶⁾ e prescrição do treinamento^(7,8).

Analizando a concentração de lactato sanguíneo é possível determinar o limiar anaeróbio (LAn), que representa um parâmetro de avaliação aeróbico^(9,10). O limiar anaeróbio corresponde à intensidade máxima de exercício em que ocorre equilíbrio entre a produção e a remoção do lactato sanguíneo em atividades de longa duração^(6,9,11). Heck *et al.*⁽⁹⁾ avaliaram em exercícios com cargas constantes a concentração de lactato sanguíneo ao longo da sessão de exercício de corrida e observaram que, independentemente da capacidade aeróbia individual, a máxima fase estável de lactato (MFEL) foi equivalente a 4,0mM. Os autores relataram que a taxa produção/remoção de lactato em humanos encontra seu equilíbrio dinâmico em concentrações máximas de 4,0mM, com amplitude de 3,0 a 5,5mM⁽⁹⁾. Contudo, no estudo de Heck *et al.*⁽⁹⁾ apenas seis dos 16 participantes apresentam concentrações de lactato próximas a 4mM (3,81; 4,00; 4,01; 3,74; 3,89; 4,00mM), tratando-se de valor médio e não determinação individual, possibilitando erros na predição da performance e/ou prescrição do treinamento. Beneke e Von Duvillard⁽¹²⁾ mostraram que o ponto máximo de equilíbrio do lactato sanguíneo é dependente da modalidade esportiva realizada, encontrando diferentes valores de estabilização desse metabólito em atividades esportivas variadas. Beneke e Von Duvillard⁽¹²⁾ ainda relataram que a concentração em que ocorre estabilização do lactato sanguíneo é dependente da quantidade de massa muscular envolvida na execução do padrão motor do movimento, corroborando para utilização de protocolos que mensuram o LAn com concentrações individuais e não valores fixos.

Tegtbur *et al.*⁽¹³⁾ adaptaram os achados de Daves e Gass⁽¹⁴⁾, que relataram a possibilidade de estimar o LAn através da intensidade correspondente à menor concentração de lactato obtida em um teste incremental após indução da hiperlactacidemia (figura 1). Tegtbur *et al.*⁽¹³⁾ adaptaram esse protocolo a corredores para estimar o LAn utilizando esse procedimento. Macintosh *et al.*⁽¹⁵⁾ corroboraram esse resultado obtido por Tegtbur *et al.*⁽¹³⁾ apresentando o teste de lactato mínimo como validado e reproduzível, possibilitando estimar a intensidade de MFEL através desse protocolo em cicloergômetro. Simões *et al.*⁽¹⁶⁾ fortaleceram esses achados relatando a possibilidade de obtenção da capacidade aeróbia utilizando esse protocolo, mostrando ainda ser possível determinar esse parâmetro utilizando a glicemia. Porém, a determinação do LAn e de protocolos com fenômenos fisiológicos semelhantes que utilizam a concentração de lactato para sua mensuração são procedimentos invasivos específicos para coletas de material biológico, geralmente sangue.

Alguns pesquisadores têm proposto a determinação do LAn através de metabólitos presentes na saliva⁽¹⁷⁻²⁰⁾ e lactato no suor⁽²¹⁾.

Chicarro *et al.*⁽¹⁷⁾ mostraram que utilização de eletrólitos presentes na saliva, como cloreto (Cl^-), sódio (Na^+) e potássio (K^+), podem ser utilizados para determinação do limiar anaeróbio em protocolo incremental. Esses achados foram confirmados pelo mesmo grupo de pesquisadores posteriormente⁽¹⁸⁾. Segura *et al.*⁽²⁰⁾ relataram a possibilidade de determinação do LAn através da concentração de lactato na saliva em protocolo incremental utilizando cicloergômetro. Esses autores encontraram boa correlação entre o LAn determinado com sangue e LAn determinado com saliva ($r = 0,81$). Ben-Aryeh *et al.*⁽²²⁾ analisaram a resposta do lactato na saliva em exercício incremental e em teste de Wingate. Foi verificado aumento na concentração do lactato na saliva, fenômeno similar à resposta do lactato sanguíneo. Pérez *et al.*⁽¹⁹⁾ relataram a possibilidade de determinar a intensidade de máxima fase estável de lactato através da saliva. Os autores realizaram o estudo em cicloergômetro e verificaram altas correlações entre MFEL no sangue e na saliva, quando expressados em relação ao $\dot{\text{V}}\text{O}_2$ ($r = 0,89$) e potência (0,92). A variação máxima a ser considerada para determinação da MFEL no sangue é de até 1,0mM. Porém, os pesquisadores relataram que, para determinar a MFEL utilizando saliva, a variação de lactato a ser utilizado não deve ser maior que 0,8mM. Mendes *et al.*⁽²³⁾ determinaram o limiar anaeróbio através de protocolo in-

cremental. O LAn foi obtido através de inspeção visual do comportamento da concentração de lactato na saliva versus intensidade de exercício em cicloergômetro. Mendes *et al.*⁽²³⁾ relataram a possibilidade de utilizar o lactato presente na saliva para determinar o LAn em protocolo incremental em cicloergômetro. Dessa forma, o trabalho objetiva verificar a possibilidade de utilização das concentrações de sódio ($\text{Na}^+_{\text{saliva}}$), potássio ($\text{K}^+_{\text{saliva}}$) e lactato ($\text{LAC}_{\text{saliva}}$) presentes na saliva em substituição ao lactato sanguíneo para identificação do LAn através do protocolo de lactato mínimo em cicloergômetro e ergômetro de braço.

MATERIAL E MÉTODOS

Participantes

Participaram do estudo oito mesa-tenistas de nível internacional, do sexo masculino, pertencentes à equipe ADM – Marília. Os participantes apresentavam como características (média ± desvio padrão): idade de $18,13 \pm 2,47$ anos; altura de 176 ± 10 cm; peso corporal de $67,03 \pm 10,67$ kg; gordura corporal de $14,70 \pm 7,13\%$; e índice de massa corporal (IMC) de $21,70 \pm 2,90$ kg/m². Os procedimentos metodológicos foram aprovados pelo Comitê de Ética do Instituto de Biociências, da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus Rio Claro, e os participantes assinaram termo de consentimento antes da realização dos testes.

Procedimentos experimentais

Foi aplicado o protocolo de lactato mínimo no ergômetro de braço e no cicloergômetro em mesa-tenistas. O teste de lactato mínimo aplicado foi adaptado do proposto por Tegtbur *et al.*⁽¹³⁾, com utilização do teste de Wingate para indução da hiperlactacidemia. Os exercícios foram realizados no ergômetro de braço isocinético Cybex UBE 2462 (Cybex, Owatonna, MN) e o no cicloergômetro de frenagem mecânica Monark (Monark, Brasil). Foi respeitado um intervalo mínimo de 24 horas entre os testes realizados.

Teste de lactato mínimo, sódio mínimo e potássio mínimo em ergômetro de braço

Foi realizado aquecimento anterior ao teste, com quatro minutos de duração e na intensidade correspondente a 49 watts. A rotação da manivela no ergômetro foi fixada em 60rpm. Cinco minutos após o aquecimento iniciou o teste de Wingate em ergômetro de braço. O teste Wingate adaptado para o ergômetro de braço foi utilizado como estímulo anaeróbio, realizando força máxima em 30 segundos de exercício, com velocidade de rotação da manivela do ergômetro constante a 102rpm, por tratar-se de ergômetro isocinético. Durante todo o teste, os participantes foram encorajados verbalmente a realizar exercício máximo. Foram coletadas amostras sanguíneas e de saliva aos um, três, cinco e sete minutos após o término do teste de Wingate, para análise da lactacidemia e das concentrações de sódio, potássio e lactato na saliva. As potências executadas nos testes foram registradas durante todo o teste com auxílio de uma câmera digital JVC DV-9800, gravando o display localizado no ergômetro que apresentava as potências efetuadas. As gravações foram realizadas em uma freqüência de aquisição de quadros de 60 hertz, para análise dos parâmetros anaeróbios do teste de Wingate a cada dois segundos (potência máxima, potência média e índice de fadiga). Após oito minutos de recuperação do teste de Wingate (recuperação passiva), iniciou-se o teste incremental com carga inicial de 49 watts e aumento de aproximadamente 16 watts a cada estágio de três minutos de exercício. A velocidade da manivela foi mantida constante a 60rpm durante todo o teste. O teste foi interrompido com a exaustão determinada pela não manutenção da intensidade de exercício aplicada ou pela exaustão voluntária do participante. Após cada estágio de exercício foram coletadas amostras de sangue e saliva sem interrupção do exercício. Foram determinadas as intensidades de LACmin com

amostras de sangue ($LAC_{min,braço}$), sódio ($Na^{+}_{min,braço-saliva}$) e potássio ($K^{+}_{min,braço-saliva}$) presentes na saliva.

Teste de lactato mínimo, sódio mínimo e potássio mínimo em cicloergômetro

Anteriormente à aplicação do teste foi realizado um aquecimento com duração de quatro minutos e intensidade de aproximadamente 85 watts com rotação constante a 70rpm. Após cinco minutos da execução foi aplicado o teste de Wingate em cicloergômetro para indução da hiperlactacidemia. O teste consistiu em realizar exercício em potência máxima por um período de 30 segundos, com sobrecarga de 7,5% do peso corporal. O teste de Wingate no cicloergômetro iniciou-se sem sobrecarga, que foi acrescida imediatamente após. O registro do tempo de exercício só foi iniciado após ser atingida a carga pré-estipulada. Durante todo o teste, os participantes foram encorajados verbalmente a realizar exercício máximo. Após a realização do esforço de 30 segundos foram coletadas amostras de sangue e saliva aos um, três, cinco e sete minutos. As revoluções obtidas no teste foram registradas com auxílio de uma câmera digital JVC DV-9800. A freqüência de aquisição de quadros da câmera digital foi de 60 hertz, na qual foram analisadas posteriormente para determinação das variáveis do teste de Wingate (potência máxima, potência média e índice de fadiga) determinadas a cada dois segundos. Após oito minutos do teste de Wingate iniciou-se um teste progressivo no cicloergômetro (Monark, Brasil), com intensidade inicial de 85 watts e incremento de 17 watts a cada estágio de três minutos. Durante todo o teste foi mantida a rotação de 70rpm. O teste foi encerrado com a exaustão voluntária ou à não manutenção da rotação de 70rpm. Após cada estágio de exercício foram coletadas amostras de sangue e saliva sem interrupção do exercício. Foram determinadas as intensidades de LAC_{min} com amostras de sangue ($LAC_{min,ciclo}$) e amostras de sódio ($Na^{+}_{min,ciclo-saliva}$), potássio ($K^{+}_{min,ciclo-saliva}$) e lactato ($LAC_{min,ciclo-saliva-saliva}$) na saliva.

Determinação das intensidades de lactato mínimo (LAC_{min}), sódio mínimo ($Na^{+}_{min,saliva}$) e potássio mínimo ($K^{+}_{min,saliva}$)

Para ambos os testes aplicados, as intensidades de lactato mínimo com amostras de sangue (LAC_{sangue}), lactato mínimo na saliva (LAC_{saliva}), sódio mínimo ($Na^{+}_{min,saliva}$) e potássio mínimo ($K^{+}_{min,saliva}$) foram equivalentes à derivada zero do ajuste polinomial de segunda ordem da relação entre o metabólito analisado versus a potência de exercício (P) plotada pelo programa computacional *Origin 4.0 (Microcal™)* (figura 1).

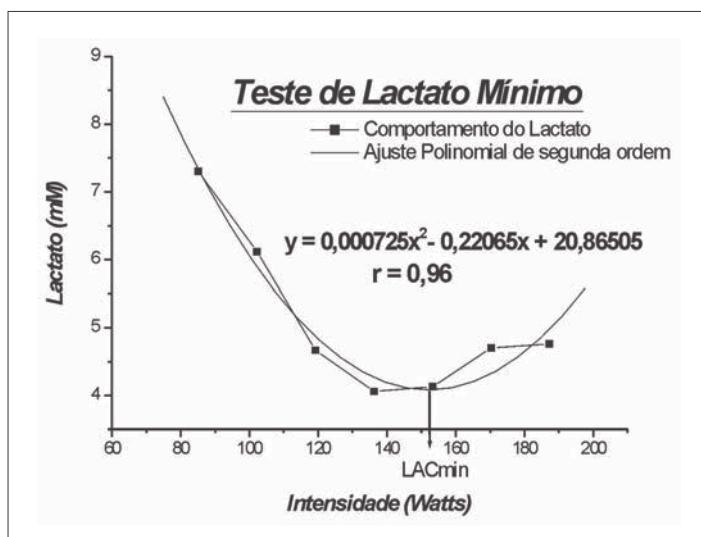


Fig. 1 – Determinação da intensidade de lactato mínimo através do teste de lactato mínimo no cicloergômetro após indução da hiperlactacidemia ($LAC_{min,ciclo}$), correspondente ao participante 2

Análise sanguínea

As amostras de sangue (25 μ l) foram coletadas do lóbulo da orelha do participante com capilares calibrados e transferidas para tubos Eppendorf de 1,5ml, contendo 50 μ l de NaF (fluoreto de sódio - 1%). O homogenizado foi injetado (25 μ l) em lactímetro YSI, modelo 1500 Sport (Ohio, EUA) para análise da lactacidemia. Os resultados de lactato sanguíneo são expressos em mM.

Coleta e análise das amostras de saliva

Para a coleta das amostras de saliva, foi administrada goma de mascar (Trident, Adams) sabor menta 10 segundos antes do término de cada estágio para estimular a secreção de saliva. A goma de mascar foi recolhida depois de realizada a coleta. A saliva foi coletada em copo plástico descartável e transferida para tubo Eppendorf de 1,5ml.

Para mensuração do lactato na saliva foram utilizados 25 μ l de saliva injetando a amostra em lactímetro eletroquímico YSI, modelo 1500 Sport (Ohio, EUA). Os resultados são expressos em mM. As amostras de saliva coletadas para determinação do lactato foram analisadas imediatamente após a coleta.

As determinações das concentrações de sódio (Na^{+}) e potássio (K^{+}) na saliva foram realizadas diluindo 50 μ l de saliva em 2,5ml de água destilada e posteriormente o homogenizado analisado em fotômetro de chama Pegasus II. Os resultados são expressos em mEq/L. As análises das amostras de saliva para determinação das concentrações de sódio e potássio foram realizadas no mesmo dia da execução do teste.

Análise estatística

Foi utilizada análise de variância (ANOVA-one way) para comparações das intensidade do TLM determinadas com amostras de sangue e de saliva em seus respectivos ergômetros, acompanhada de teste *post hoc* de Newman-Keuls, quando necessário. Para análise das concentrações de lactato obtidas com amostras de sangue e de saliva foi utilizado o teste *t* de Student pareado. O teste de correlação de Pearson foi aplicado entre todas as variáveis obtidas em cada ergômetro. Para análise dos resultados foi utilizado o programa estatístico *Statistica for Windows 5.1* (Statsoft, Inc. 1995). Em todos os casos foram prefixados níveis de significância para $p \leq 0,05$. Os resultados foram expressos em média \pm desvio padrão.

RESULTADOS

A tabela 1 apresenta os valores de potência máxima, potência média, potência máxima corrigida pelo peso corporal, potência média corrigida pelo peso corporal e índice de fadiga após os testes de Wingate. Os valores apresentados na tabela correspondem aos resultados obtidos tanto no teste de Wingate em cicloergômetro, quanto para o teste de Wingate em ergômetro de braço.

TABELA 1
Valores correspondentes à potência máxima (Pmáxima), potência média (Pmédia), potência máxima relativa ao peso corporal (Pmáx/kg), potência média relativa ao peso corporal (Pmédia/kg) e índice de fadiga (IF) obtidos no teste de Wingate realizado no ergômetro de braço e em ciclo ergômetro

	Wingate em cicloergômetro	Wingate em ergômetro de braço
Pmáxima (watts)	772,17 \pm 94,07	374,47 \pm 55,92
Pmédia (watts)	602,70 \pm 72,33	272,68 \pm 36,71
Pmáx/kg (watts/kg)	11,60 \pm 0,76	5,65 \pm 0,73
Pmédia/kg (watts/kg)	9,06 \pm 0,76	4,11 \pm 0,49
IF (%)	42,69 \pm 5,87	48,76 \pm 4,97

A tabela 2 apresenta os maiores valores encontrados de lactato pico no sangue ($LAC_{sanguepico}$), lactato na saliva ($LAC_{salivapico}$), sódio ($Na^{+}_{salivapico}$) e potássio ($K^{+}_{salivapico}$) após os testes de Wingate nos

ergômetros utilizados. A concentração de lactato determinada no ergômetro de braço mostrou-se significativamente menor que o lactato determinado no cicloergômetro ($p = 0,001$), ambas as mensurações séricas. Entretanto, as variáveis analisadas com saliva não apresentaram diferenças entre os ergômetros.

TABELA 2

Resultados encontrados para lactato pico no sangue ($LAC_{sanguíneo}$) e lactato pico na saliva (LAC_{saliva}), sódio pico (Na^+_{saliva}) e potássio pico (K^+_{saliva}) na saliva, coletadas no teste de Wingate realizado em ergômetro de braço e cicloergômetro

	$LAC_{sanguíneo}$ (mM)	LAC_{saliva} (mM)	Na^+_{saliva} (mEq/L)	K^+_{saliva} (mEq/L)
Ergômetro de braço	$7,83 \pm 0,98$	$0,93 \pm 0,29$	$27,25 \pm 12,37$	$51,02 \pm 15,24$
Cicloergômetro	$9,60 \pm 0,86^*$	$0,86 \pm 0,31$	$24,50 \pm 13,82$	$44,60 \pm 6,41$

* $p < 0,01$, em relação ao ergômetro de braço.

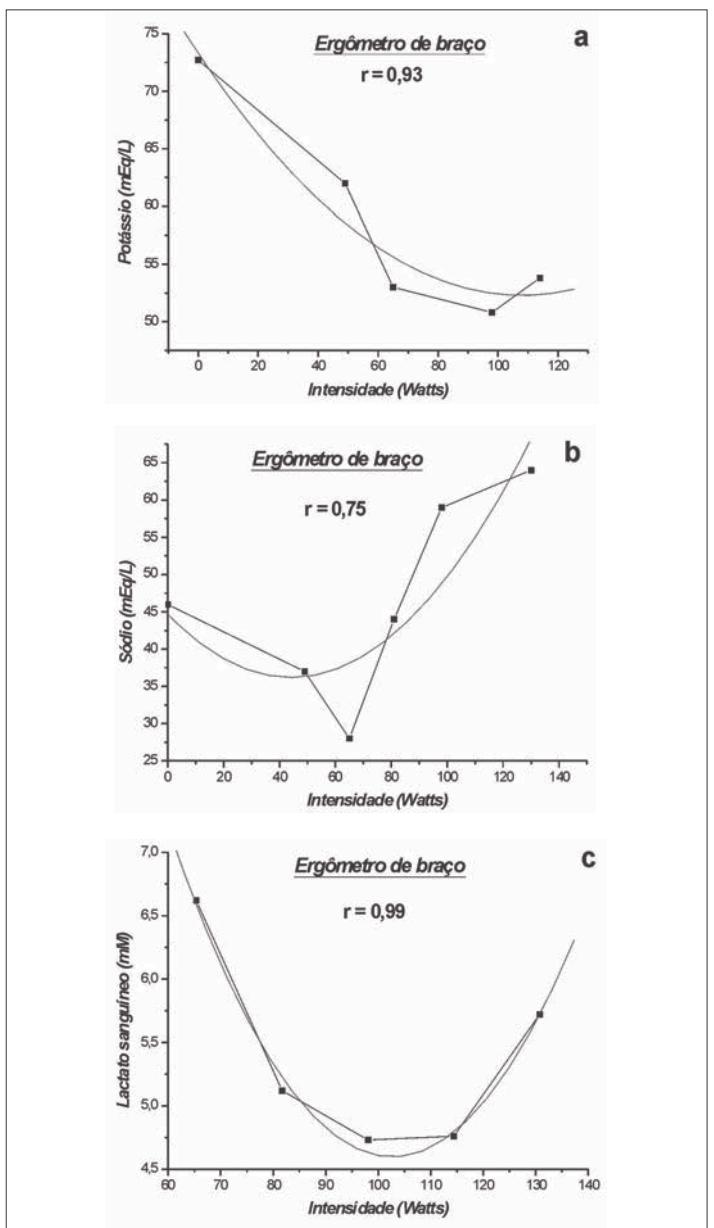


Fig. 2 – Gráficos correspondentes às concentrações de metabólitos e intensidades de exercício no ergômetro de braço para determinação da intensidade de exercício através protocolo de lactato mínimo. A figura **a** corresponde à concentração de potássio (K^+_{saliva}), figura **b** à concentração de sódio (Na^+_{saliva}) e figura **c** à concentração de lactato sanguíneo (LAC_s), correspondente ao participante 2. -·- Comportamento do metabólito; -- ajuste polinomial de segunda ordem.

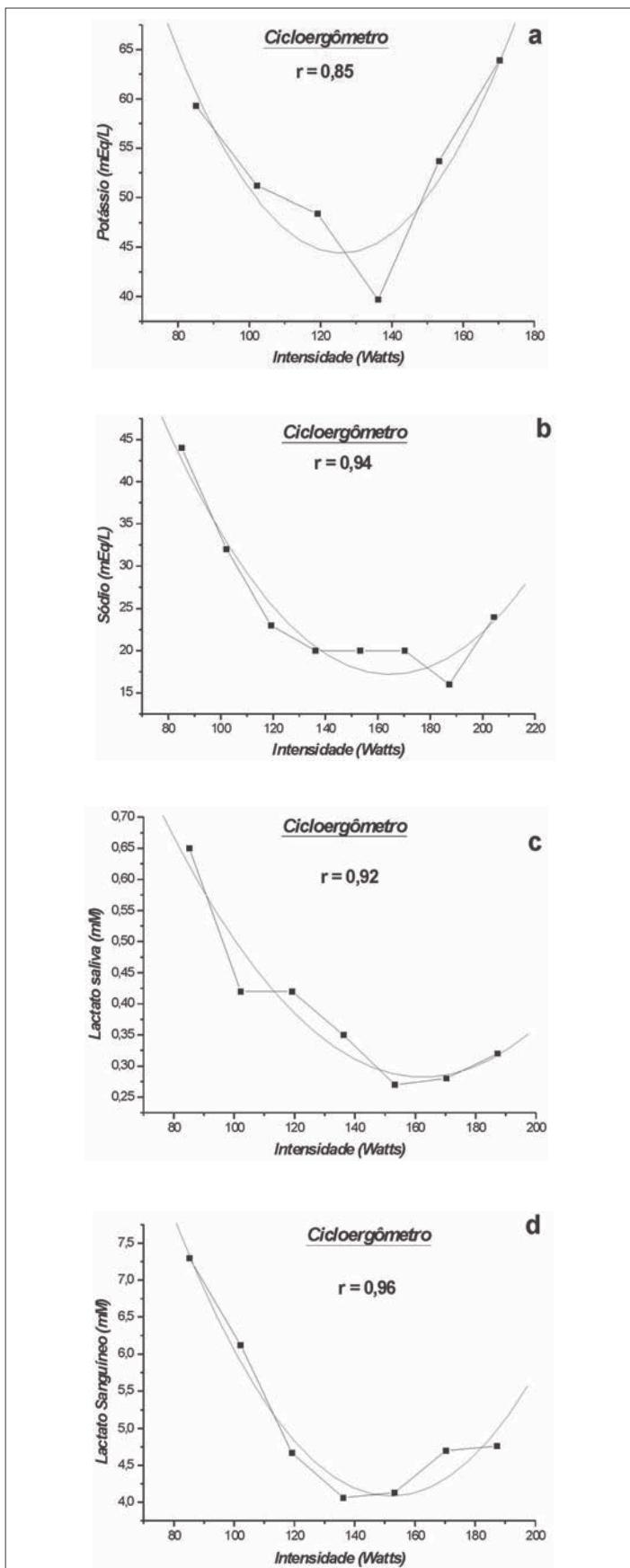


Fig. 3 – Gráficos correspondentes às concentrações de metabólitos e intensidades de exercício no ergômetro de ciclo para determinação da intensidade de exercício através protocolo de lactato mínimo. A figura **a** corresponde à concentração de potássio (K^+_{saliva}), figura **b** à concentração de sódio (Na^+_{saliva}), a figura **c** à concentração de lactato saliva (LAC_{saliva}) e a figura **d** à concentração de lactato sanguíneo (LAC_s), correspondente ao participante 2. -·- Comportamento do metabólito; -- ajuste polinomial de segunda ordem.

As figuras 2 e 3 apresentam o comportamento da concentração de potássio, sódio e lactato na saliva e lactato sanguíneo mensurados na fase incremental do teste de lactato mínimo em ergômetro de braço e cicloergômetro, respectivamente, para o participante 1.

A tabela 3 apresenta as intensidades de exercício obtidas pelo protocolo de lactato mínimo para amostras de lactato, sódio e potássio, as concentrações desses metabólitos nas intensidades de LACmin e os coeficientes das regressões polinomiais, para amostras de sangue e saliva em ambos os ergômetros. Não foram encontradas diferenças significativas entre as intensidades de exercício correspondentes ao TLM com os metabólitos utilizados. Contudo, nenhuma correlação significativa entre essas variáveis foi encontrada, tanto para as amostras em ergômetro de braço, quanto para amostras em cicloergômetro (tabela 4).

TABELA 3

Intensidade, concentração do metabólito e coeficiente de regressão (R^2) obtidos nos teste de lactato mínimo em cicloergômetro e ergômetro de braço com amostras de sangue (LACmin_{ciclo} e LACmin_{braço}) e saliva (LACmin_{ciclo} saliva, Na⁺min_{ciclo-saliva}, K⁺min_{ciclo-saliva}, Na⁺min_{braço-saliva}, K⁺min_{braço-saliva})

	Intensidade (watts)	Concentração (mM)	R^2
LACmin _{ciclo} (n = 7)	157,68 ± 13,48	5,01 ± 1,26	0,91 ± 0,04
LACmin _{ciclo} saliva (n = 7)	135,49 ± 33,2	0,48 ± 0,27	0,73 ± 0,17
LACmin _{braço} (n = 7)	91,71 ± 12,43	5,85 ± 1,49	0,94 ± 0,06
	Intensidade (watts)	Concentração (mEq/L)	R^2
Na ⁺ min _{ciclo-saliva} (n = 7)	121,81 ± 51,31	13,10 ± 8,24	0,57 ± 0,32
K ⁺ min _{ciclo-saliva} (n = 6)	135,49 ± 33,21	0,48 ± 0,27	0,73 ± 0,17
Na ⁺ min _{braço-saliva} (n = 7)	71,99 ± 23,42	16,78 ± 9,31	0,65 ± 0,20
K ⁺ min _{braço-saliva} (n = 6)	79,67 ± 17,72	40,52 ± 9,30	0,92 ± 0,05

TABELA 4

Resultados do teste de correlação de Pearson para as intensidades dos respectivos metabólitos determinados através do protocolo de lactato mínimo com amostras de sangue (LACmin) e saliva (Na⁺min_{saliva}, K⁺min_{saliva}, LACmin_{saliva}) em cicloergômetro e ergômetro de braço

	Ergômetro de braço	Cicloergômetro
LACmin vs K ⁺ min _{saliva}	r = -0,46	r = -0,80
LACmin vs Na ⁺ min _{saliva}	r = 0,38	r = -0,08
LACmin vs LACmin _{saliva}	-	r = -0,18
LACmin _{saliva} vs Na ⁺ min _{saliva}	-	r = -0,33
LACmin _{saliva} vs K ⁺ min _{saliva}	-	r = -0,07
K ⁺ min vs Na ⁺ min _{saliva}	r = -0,57	r = 0,07

DISCUSSÃO

A utilização do lactato sanguíneo tem mostrado ser uma boa ferramenta na avaliação, prescrição e monitoração do treinamento esportivo, principalmente em esportes de alto rendimento que necessitam de precisão e sensibilidade na determinação desses parâmetros. Pyne *et al.*⁽¹⁾ utilizaram a concentração de lactato sanguíneo para monitoração do treinamento de nadadores ranqueados mundialmente. Os autores determinaram o limiar anaeróbio através de sete nados máximos de 200m em quatro diferentes ocasiões no planejamento do treinamento, em um período de oito meses. Foi demonstrado ocorrer mudanças significativas na tolerância ao lactato, na performance de 200 metros e no limiar anaeróbio durante as análises realizadas, mostrando que a utilização do lactato sanguíneo é uma ferramenta sensível às adaptações do treinamento também em atletas de alto nível.

Billat⁽⁴⁾ relata, em trabalho de revisão, que a concentração de lactato sanguíneo pode ser utilizada para prescrição do treinamento em corridas de longa duração, visto que o treinamento na intensidade correspondente à amplitude de 2 a 3mM representaria a intensidade ideal para a maratona. Em provas de menor volume, como 10 a 16km, a intensidade ótima para o treinamento da apti-

dão aeróbia e para performance nessas provas parece ocorrer na intensidade correspondente a 4mM. A concentração de lactato sanguíneo também pode ser utilizada para avaliação da aptidão anaeróbia em exercício supramáximo de curta duração; com o aumento da demanda energética por unidade de tempo nessas atividades, existe maior solicitação do sistema ATP-CP e glicolítico para resíntese de adenosina trifosfato (ATP), ocorrendo maior produção e liberação do lactato para a corrente sanguínea⁽⁴⁾.

O teste de lactato mínimo inicialmente proposto por Davis e Gass⁽¹⁴⁾ tem sido utilizado para predizer a intensidade correspondente ao limiar anaeróbio e também a intensidade de máxima fase estável de lactato, tratando-se de fenômenos metabólicos semelhantes, mas não do mesmo fenômeno fisiológico^(13,15). O teste de lactato mínimo não tem sido bem aceito por alguns laboratórios^(24,25), embora estudos recentes o tenham apresentado como válido e reproduzível, podendo ser utilizado para mensurar a aptidão aeróbica e estimar a intensidade de MFEL^(15,26-29). Esse protocolo analisa o comportamento da concentração de lactato em um teste incremental, com prévio estímulo anaeróbio para indução da hiperlactacidemia, considerando como intensidade de LACmin a mínima concentração de lactato encontrada na fase incremental⁽¹³⁾. Simões *et al.*^(16,26) relataram a possibilidade de determinar a intensidade de LACmin analisando o comportamento da glicemia (GLICOSEmin) em vez do lactato sanguíneo.

A determinação da intensidade correspondente ao limiar anaeróbio pela concentração de lactato sanguíneo tem mostrado ser reproduzível, confiável e sensível às adaptações decorrentes do treinamento físico. Contudo, para determinação desse parâmetro necessita-se de uma pequena amostra de sangue, caracterizando um procedimento invasivo. Pesquisas que utilizam procedimentos não invasivos têm aumentado significativamente nos últimos anos, visando facilitar a estimativa do limiar anaeróbio. Alguns autores têm investigado a utilização de diferentes metabólitos, compartimentos corporais e eletrólitos alternativos para estimar a intensidade de limiar anaeróbio, como amostras de glicose no sangue^(16,26,30), lactato na saliva^(18-20,23) e alteração de sódio, cloreto e potássio na saliva^(17,18).

Em nosso trabalho utilizamos as concentrações de sódio, potássio e lactato mensurados na saliva, como possíveis eletrólitos e metabólito a substituir o lactato sanguíneo na determinação da intensidade de lactato mínimo. As respostas de eletrólitos na saliva durante o exercício já foram investigadas por outros pesquisadores anteriormente. Salminen e Kontinen⁽³¹⁾ relataram um aumento nas concentrações de sódio e potássio na saliva após o exercício; posteriormente, foi comprovado ocorrer aumento desses eletrólitos e também do lactato na saliva em exercício incremental submáximo⁽²²⁾. A partir desses achados, estudos posteriores evidenciaram a possibilidade de estimar o limiar anaeróbio e da máxima estabilidade de lactato sanguíneo utilizando amostras de saliva^(17-19,23). No presente trabalho, as intensidades correspondentes ao LACmin_{ciclo}, LACmin_{ciclo-saliva}, Na⁺min_{ciclo-saliva} e K⁺min_{ciclo-saliva}, e LACmin_{braço}, LACmin_{braço-saliva}, Na⁺min_{braço-saliva} e K⁺min_{braço-saliva} não apresentaram diferenças significativas nos ergômetros utilizados. Entretanto, não foi encontrada nenhuma correlação significativa entre as intensidades determinadas com amostras de saliva com o LACmin determinado com amostra de sangue, apresentando também coeficientes de regressão baixos, exceto K⁺min_{braço} (0,92 ± 0,05). Os participantes do estudo eram atletas bem treinados na modalidade esportiva de tênis de mesa. Entretanto, a característica esportiva dos atletas não parece influenciar os resultados obtidos, visto que as comparações destes foram realizadas especificamente dentro de cada ergômetro, executando o mesmo exercício. O tênis de mesa é caracterizado por movimentos de potência de membro inferior associados a ataques rápidos de membro superior⁽³²⁾, por isso, a escolha dos ergômetros. Chicarro *et al.*⁽¹⁷⁾ determinaram o limiar anaeróbio utilizando as concentrações de sódio, potássio e cloreto na saliva em protocolo incremental no cicloergômetro

metro. Os autores não encontraram diferenças significativas entre os LAn determinados com amostras de saliva e sangue, e altas correlações do LAn com amostras de saliva com LAn determinado pelo lactato sanguíneo ($r = 0,82$) e o limiar de catecolaminas ($r = 0,75$). Mendes *et al.*⁽²³⁾ determinaram o LAn com amostras de sangue, saliva e por método ventilatório em protocolo incremental em cicloergômetro com procedimentos de análise e coletas das amostras de saliva (Na^+ , K^+ , lactato) semelhante ao utilizado nesse trabalho. Não foram verificadas diferenças estatísticas entre LAn mensurados com diferentes amostras e métodos, apresentando correlações significativas entre as amostras de saliva com o LAn lactacidêmico e ventilatório.

A secreção salivar é influenciada por estímulos hormonais no repouso e no exercício^(17,33). A ação de hormônios parassimpáticos estimula a secreção de saliva, resultando em um composto hipoconcentrado com poucas substâncias orgânicas⁽³⁴⁾. Já a estimulação simpática induz secreção de saliva com aumento nas substâncias orgânicas, tornando o meio mais hiperconcentrado^(33,34). No exercício físico, ocorre aumento da secreção de hormônios simpáticos, principalmente de catecolaminas⁽³⁵⁾, que ocasionam elevação na concentração de sódio, potássio e cloreto na saliva^(17,18,22). No exercício com cargas progressivas é verificado o aumento da concentração desses eletrólitos e do lactato na saliva proporcionalmente à intensidade do esforço, possibilitando a determinação do LAn e MFEL através dessas substâncias. Entretanto, ainda é pouco investigado o processo de remoção dessas substâncias na saliva e o tempo de resposta da glândula salivar após os estímulos hormonais, fatores predominantes para determinação da intensidade de exercício através do teste de lactato mínimo. Os metabólitos investigados na saliva não apresentaram o mesmo comportamento que o lactato no sangue, dificultando a utilização dessas substâncias no protocolo de lactato mínimo. Os resultados obtidos levam-nos a especular que parece ocorrer um desacoplamento no processo de remoção dos eletrólitos e do lactato na saliva ou na resposta da glândula salivar após o estímulo simpático, posterior ao estímulo anaeróbio para indução do aumento dessas concentrações, como é o caso do teste de lactato mínimo. Essa possível alteração acreditamos ser ocasionada pelo teste de Wingate, ou seja, pelo estímulo anaeróbio necessário quanto o protocolo utilizado é o teste de lactato mínimo, dificultando a utilização do sódio, potássio e lactato na saliva como metabólitos para determinação do LAn. Contudo, existe a necessidade de maiores investigações dessa metodologia utilizando um número maior de participantes e mensuração do TLM com lactato na saliva no ergômetro de braço, determinação que não foi possível em nosso experimento.

Pode-se concluir que as determinações das intensidades de exercício correspondentes ao teste de lactato mínimo em ergômetro de braço e cicloergômetro, utilizando as concentrações salivares de sódio, potássio e lactato, parecem não conseguir estimar as intensidade de LACmin lactacidêmicas, nesses dois ergômetros, baseados nos baixos coeficiente de regressão obtidos nos ajustes polinomiais e na fraca correlação encontradas entre os LAns determinados com metabólitos na saliva e os LAns com amostras de sangue.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa (Processo 130841/20003-0) e à Fapesp (Processos 1995/5778-0 e 01/08295-2).

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

- Pyne DB, Lee H, Swanwick KM. Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:291-7.
- Farrel PA, Wilmore JH, Coyle EF, Billing JE, Costill DL. Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Med Sci Sports Exerc* 1979;11:338-44.
- Denadai BS, Balikian Junior P. Relação entre limiar anaeróbio e performance no Short triathlon. *Revista Paulista de Educação Física* 1995;9:10-5.
- Billat V. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. *Sports Med* 1996;22:157-75.
- Schabot EJ, Killian SC, Gibson ASC, Hawley JA. Prediction of triathlon race time from laboratory testing in national triathletes. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:844-9.
- Harnish CR, Swensen TC, Pate RP. Methods for estimating the maximal lactate steady state in trained cyclists. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1052-5.
- Föhrenbach B, Mader A, Hollmann W. Determination of endurance capacity and prediction of exercise intensities for training and competition in marathon runners. *Int J Sports Med* 1987;8:11-8.
- Mujika I, Chatard JC, Busso T, Geysant A, Barale F, Lacoste L. Effects of training on performance in competitive swimming. *Can J Appl Physiol* 1995;20:395-406.
- 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;11:17-30.
- Pereira RR, Papoti M, Zagatto AM, Gobatto CA. Validação de dois protocolos para determinação do limiar anaeróbio em natação. *Motriz* 8:63-8.
- Gobatto CA, Mello MAR, Sibuya CY, Azevedo JRM, Santos LA, Kokubun E. Maximal lactate steady state in rats submitted to swimming exercise. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 2001;130:21-7.
- Beneke R, Von Duvillard SP. Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:241-6.
- Tegtbur U, Busse MW, Braumann KM. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:620-7.
- Davis HA, Gass GC. Blood lactate concentrations during incremental work before and after minimum exercise. *Br J Sports Med* 1979;13:165-9.
- Macintosh BR, Esau S, Svedahl K. The lactate minimum test for cycling: estimation of the maximal lactate steady state. *Can J Appl Physiol* 2002;27:232-49.
- Simões HG, Campbell CSG, Kokubun E, Denadai BS, Baldissera V. Blood glucose responses in humans mirror lactate responses for individual anaerobic threshold and for lactate minimum in track test. *Eur J Appl Physiol* 1999;80:34-40.
- Chicarro JL, Legido JC, Alvarez J, Serratosa L, Bandres F, Gamella C. Saliva electrolytes as a useful tool for anaerobic threshold determination. *Eur J Appl Physiol* 1994;68:214-8.
- Chicarro JL, Calvo L, Alvarez J, Vaquero AF, Bandres F, Legido JC. Anaerobic threshold in children: determination from saliva analysis in field tests. *Eur J Appl Physiol* 1995;70:541-4.
- Pérez M, Lucia A, Carvajal A, Pardo J, Chicarro JL. Determination of the maximum steady state of lactate (MLSS) in saliva: an alternative to blood lactate determination. *Jpn J Physiol* 1999;49:395-400.
- Segura R, Javierre C, Ventura JLL, Lizarraga MA, Campos B, Garrido E. A new approach to the assessment of anaerobic metabolism: measurement of lactate in saliva. *Br J Sports Med* 1996;30:305-9.
- Green JM, Pritchett RC, Crews TR, Mclester Jr JR, Tucker DC. Sweat lactate response between males with high and low aerobic fitness. *Eur J Appl Physiol* 2004;91:1-6.
- Ben-Aryeh H, Roll N, Lahav M, Dlin R, Hanne-Paparo N, Szargel R, et al. Effect of exercise on salivary composition and cortisol in serum and saliva in man. *J Dental Res* 1989;68:1495-7.
- Mendes OC, Bertoli V, Finhold M, Akashi AP, Benevides VM, Baldissera V. Determinação do limiar anaeróbio através do lactato, sódio e potássio na saliva em teste cicloergométrico. *Rev Bras de Ciência e Movimento (Supl)* 2002;10:96.
- Jones AM, Doust JH. The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:1304-13.
- Carter H, Jones AM, Doust JH. Effect of incremental test protocol on the lactate minimum speed. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:837-45.
- Simões HG, Campbell CSG, Kushnick MR, Nakamura A, Katsanos CS, Baldissera V, et al. Blood glucose threshold and the metabolic responses to incremental exercise tests with and without prior lactate acidosis induction. *Eur J Appl Physiol* 2003;89:603-11.
- Voltarelli FA, Gobatto CA, Mello MAR. Determination of anaerobic threshold in rats using the lactate minimum test. *Braz J Med Biol Res* 2002;35:1-6.
- Bacon L, Kern M. Evaluating a test protocol for predicting maximum lactate steady state. *J Sports Med Phys Fitness* 1999;39:300-8.
- Smith MF, Balmer J, Coleman DA, Bird SR, Davidson RCR. Method of lactate elevation does not affect the determination of the lactate minimum. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:1744-9.
- Simões HG, Campbell CSG, Baldissera V, Denadai BS, Kokubun E. Determinação do limiar anaeróbio por meio de dosagens glicêmicas e lactacidêmicas em testes de pista para corredores. *Revista Paulista de Educação Física* 1998;12:17-30.
- Salminen S, Kontinen A. Effect of exercise on Na and K concentrations in human saliva and serum. *J Appl Physiol* 1963;18:812-4.
- Zagatto AM, Gobatto CA. Determinação de um modelo de avaliação aeróbia no tênis de mesa em protocolo específico utilizando robô. *Table Tennis Player* 2002;15:10-1.
- Levin SL, Khaikina LI. Is the neural control over electrolyte reabsorption in the human salivary gland? *Clin Sci* 1987;72:541-8.
- Asking B, Emmeling N. Amylase in parotid saliva of rats after sympathetic nervous decentralization. *Arch Oral Biol* 1985;30:337-9.
- Saul MG. O sistema endócrino: princípios gerais da fisiologia endócrina. In: Berne RM, Levy MN, Koeppen BM, Stanton BA, editores. *Fisiologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000;733-51.