

Efeitos da desidratação, durante exercício sub-máximo de longa duração, na concentração sanguínea do lactato, na frequência cardíaca e na percepção subjetiva do esforço

Effects of dehydration on blood lactate, heart rate and subjective perception of force during long term sub-maximum exercises

María Patricia Arias G.¹,
Diana Patricia Díaz H.²,
Juan Carlos Aristizabal R.³,
Hilda Norha Jaramillo L.⁴

Resumo

[1] Arias G., M.P.; Diaz H., D.P.; Aristizabal R., J.C.; Jaramillo L., H.N. Efeitos da desidratação, durante exercício sub-máximo de longa duração, na concentração sanguínea do lactato, na frequência cardíaca e na percepção subjetiva do esforço. Rev. Bras. Ciên. e Mov. 9 (4): 41-46, 2001.

Objetivo: Estabelecer, em nove esportistas corredores de fundo, os efeitos da desidratação, durante a realização de exercício submáximo de longa duração à 80% da capacidade física máxima de trabalho (PWCmax) e 90 minutos na concentração sanguínea do lactato (L), sua relação com a frequência cardíaca (FC) e com a percepção subjetiva do esforço (REP).

Método: Foi realizado aquecimento durante dez minutos na esteira rolante, com inclinação de 1% e a 55% da PWCmax. Seguidamente, houve 90 minutos de corrida, em seis períodos, a 80% da PWCmax. Finalmente, houve 90 minutos de recuperação passiva. Não foi feita reposição hídrica durante o procedimento D (desidratado): no R (reidratado) foi substituído o 51% do peso corporal perdido em D.

Resultados: Durante a atividade física, em indivíduos desidratados, não foi observada nenhuma mudança na concentração sanguínea do lactato (L), a FC teve incremento significativo, após 30 minutos de exercício e a REP incrementou, depois de 15 minutos de atividade. O nível de L não mudou com a reposição das perdas hídricas, a FC

aumentou, posteriormente.

Conclusões: Durante a realização de exercício de intensidade submáxima constante de longa duração (80% da PWCmax e 90 minutos) por corredores de fundo, com reposição hídrica e sem, e sob condições ambientais neutras, a concentração sanguínea do L se manteve invariável e apresentou correlação com a FC e a RPE; esta última teve incremento proporcional à duração do exercício. A hidratação mudou o comportamento da FC, embora não tenha tido nenhum efeito no nível do L nem na RPE.

PALAVRAS-CHAVE: exercício submáximo, percepção subjetiva do esforço, lactato, frequência cardíaca.

Abstract

[2] Arias G., M.P.; Diaz H., D.P.; Aristizabal R., J.C.; Jaramillo L., H.N. Effects of dehydration on blood lactate, heart rate and subjective perception of force during long term sub-maximum exercises. Rev. Bras. Ciên. e Mov. 9 (4): 41-46, 2001.

The aim of this paper is to establish the effects of dehydration during long term sub-maximum exercises at 80% of the maximum physical work capacity (PWCmax) in 90 minutes, in the lactate concentration and its relationship to

1 MV, MSc Fisiología do exercício, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Antioquia.

2 MD, MSc Fisiología do exercício, professora Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia.

3 Formatura em Educação Esportiva, Nutricionista Dietista, professor Escuela de Nutrición y Dietética, Universidad de Antioquia.

4 MD, MSc Fisiología, professora Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia.

Integrantes del Grupo de Fisiología del Ejercicio. Indeportes Antioquia, Universidad de Antioquia

Enviar a correspondência à: María Patricia Arias G. Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia

AA 1226. Medellín. Fone: (094)5106030, (094)5106038, (094)4259133; fax: 2620253. E-mail: ariass@uole.com

Esta pesquisa foi realizada com o apoio financeiro do Comité para el Desarrollo de la Investigación de la Universidad de Antioquia (CODI) e Indeportes, Antioquia, Colômbia.

the heart rate and the subjective perception of effort. The test was conducted on 9 amateur athletes, applying 10 minutes of warm-up at the track, inclining at 1% at 55% of PWCmax for 90 minutes, followed by 90 minutes of rest. No liquids were taken during the process and when liquids were taken it substituted 51% of body weight lost during the workout. During the workout, no changes were observed in the blood lactate concentration, heart rate increased significantly after 30 minutes of workout and the REP increased after 15 minutes of workout. Blood lactate level did not change after liquid was taken, there was a change in heart rate. Conclusively, hydration changed the heart rate without any effects on the level of blood lactate and the REP.

KEYWORDS: sub-maximum exercises, subjective perception of force, blood lactate, heart rate.

Introdução

O lactato (L) forma-se pela hidrogenação do piruvato, quando este ainda não foi entregue, na forma oxidada, ao ciclo do ácido cítrico. O L e o piruvato estabelecem o equilíbrio pela ação da desidrogenase láctica (9). Segundo a lei de ação de massas, o piruvato tende a acumular-se, quando há degradação intensa da glicose ou do glicogênio; quando a velocidade das reações do ciclo do ácido cítrico é mais lenta do que as da glicólise, quando a atividade da desidrogenase é alta. Então, o L surge como um produto intermediário da glicólise em equilíbrio (11).

Em condições de repouso, há formação de quantidades pequenas de L, e seu valor médio é de 0,9 mMol/l (7). Os músculos em repouso e vários tecidos, como a pele, os elementos sanguíneos e a medula renal contribuem por triplicá-lo. Tem-se proposto que a liberação de catecolaminas é a responsável por isso, visto que incrementa a glicólise e a gliconeogênese (7-9).

A concentração sanguínea do L é modificada pela atividade física, assim como durante a realização de exercício, a concentração sanguínea do L depende, em primeira instância, da intensidade da carga de trabalho e, em segunda, da duração da mesma (6,16). Após 20 a 30 minutos de concluída a carga de trabalho, o lactato volta aos níveis de repouso. A depuração do L é garantida, seja pela retransformação em glicose - glicogênio (ciclo de Cori) ou pela transformação em piruvato e sua oxidação muscular, sendo excretado pelo suor, fezes e urina.

O comportamento do L pode ser mudado mediante o treinamento embora alguns autores considerem que só há incremento na depuração, enquanto outros propõem que há diminuição da produção e, conseqüentemente, incremento na depuração (16,17).

Durante a realização de atividade física também há mudanças no L, decorrentes da disponibilidade dos substratos; o incremento da glicemia e da taxa sanguínea da insulina ativam a glicólise, o que eleva a laticemia. Em contraposição, uma maior disponibilidade de ácidos graxos livres permite sua oxidação e, conseqüentemente, a produção do lactato é menor (9,16,17).

Quando corredores de fundo treinados realizam exercício de carga submáxima e longa duração, há pouco aumento na taxa sanguínea do L; após uma hora de exercício, esses níveis são menores de 4 mMol/l. Argumenta-se que o incremento no consumo do oxigênio contribui na maior extração do L (9,16,17).

Há uma elevada correlação entre a frequência cardíaca (FC), o consumo de oxigênio e a intensidade na qual o exercício é realizado (13), por isto, a avaliação da FC, durante uma atividade física, constitui um parâmetro confiável e de fácil medição para a determinação indireta da intensidade do trabalho. O aumento da atividade simpática, durante o exercício, é a responsável pelo incremento na FC. No início do exercício, a hiperatividade simpática acontece pelos estímulos provenientes do córtex motor e se mantém pelos estímulos provenientes dos receptores centrais e periféricos que captam as mudanças no pH e na PCO_2 .

Aceita-se que o aumento no ácido láctico modifica os níveis do pH e do CO_2 ; como já foi dito, aqueles estimulam o sistema simpático e, em consequência, há elevação da FC (1).

Tem-se encontrado uma elevada correlação entre a FC e a taxa sanguínea do L (12), embora chame atenção a pouca bibliografia sobre essa relação em corredores de fundo que realizam atividade física de longa duração e de intensidade submáxima constante, com hidratação ou sem ela.

Na atualidade, a percepção subjetiva do esforço (RPE) é considerada como um indicador fisiológico do estresse físico, e sua determinação durante a realização do exercício provê informação indireta acerca da capacidade física de trabalho (PWA), a eficiência dos sistemas metabólicos e as funções cardiovascular e respiratória (1). A RPE é modificada pelo tipo, intensidade, duração do exercício, treinamento e estado de hidratação, assim como pela temperatura e umidade ambiental. Tem-se observado que a realização de uma atividade física intensa produz estresse físico maior. Há informação indicando que o esforço físico percebido pelos atletas com treinamento em resistência é menor do que nos indivíduos não-treinados, visto que os primeiros possuem maior resistência à fadiga, além das adequações fisiológicas que lhes permitem compensar mais rapidamente o estresse físico (14). A desidratação prévia à realização de atividade física eleva a RPE (2), embora sejam poucos os estudos realizados sobre os efeitos da desidratação durante a atividade física na RPE. Finalmente, as condições ambientais extremas (temperaturas abaixo dos 15°C ou acima dos 45°C) limitam as perdas do calor gerado pela atividade muscular, incrementando a RPE.

Tem-se encontrado uma correlação entre a RPE e o L, durante a realização de atividade física, e os dois parâmetros incrementam proporcionalmente a intensidade do exercício (6). Novamente chama atenção o reduzido número de pesquisas realizadas que correlacionem a RPE, o L e a FC em corredores de fundo que realizam atividade física submáxima de intensidade constante, sob condições ambientais neutras.

O objetivo do presente trabalho é conhecer o comportamento da taxa sanguínea de lactato e sua relação com a frequência cardíaca e a percepção subjetiva do esforço, em corredores de fundo, com reposição hídrica e sem ela, quando realizam um exercício submáximo de longa duração e intensidade constante, sob condições ambientais neutras.

Materiais e métodos

População

Foram avaliados nove homens, corredores de fundo, com idade média de 23,9 anos ($\text{DP} \pm 5,0$), peso de 64,4 Kg ($\text{DP} \pm 7,2$) e altura de 173,3 cm ($\text{DP} \pm 5,4$). Todos os participantes deram seu consentimento escrito para participar do estudo, após terem recebido informação completa acerca do protocolo a ser realizado. Três semanas antes do início da fase experimental, os atletas receberam indica-

ções precisas acerca do tipo de dieta a seguir durante todo o tempo do estudo.

Protocolo experimental

O estudo foi realizado no *Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia*, localizada na cidade de Medellín, Colômbia, a 1560 m acima do nível do mar, com temperatura média de $23,3^\circ\text{C}$ ($\text{SEM } 3,8$), umidade relativa ambiental de 59,9% ($\text{SEM } 0,5$) e pressão barométrica de 674 mmHg.

A PWCmax foi determinada mediante a aplicação de uma prova máxima, de carga crescente, em esteira rolante (Quinton 1845), com inclinação constante de 1%, a uma velocidade inicial de 2,01 m/s, com aumento de 0,44 m/s, a cada cinco minutos, até a fadiga total. A FC foi registrada a cada minuto, com a utilização do freqüencímetro (Polar Vantage XL). A velocidade da corrida, equivalente ao 80% da PWCmax, foi calculada para cada esportista pelo método de Karvonen (10).

Após quatro semanas, o atleta ingressou no laboratório às 7:30 da manhã, uma hora depois de ter ingerido um café da manhã normal. O esportista foi pesado nu e a seguir ele vestiu calção e sapatos apropriados para a prova.

O esportista permaneceu em posição decúbito dorsal até atingir o nível basal da sua FC (etapa C_0). Para a determinação do L, foram obtidos 20 ml de sangue por punção da orelha previamente hipertermizada (Finalgon Salbe Thomae).

A etapa C_1 , de 10 minutos, consistiu em uma corrida de aquecimento na esteira rolante com inclinação de 1%. O protocolo foi delineado de tal maneira que a velocidade inicial e seus aumentos posteriores, no minuto três e seis, não produziram incremento na FC acima de 130 batimentos cardíacos/minuto nem foram ultrapassados os 55% da PWCmax.

A etapa seguinte consistiu em uma corrida de 90 minutos na esteira rolante, com inclinação de 1%, em seis intervalos de 15 minutos cada (E_1 - E_6). A inclinação inicial de 1% se manteve, e a velocidade da corrida foi equivalente a 80% da PWCmax de cada indivíduo. No minuto 90 o atleta desceu da esteira rolante, e seu peso corporal foi determinado nu, após tomar banho e enxugar o corpo.

No fim do aquecimento e após cada uma das etapas do exercício, foi medida a RPE mediante a escala de Borg (3). Além disso, foram colhidas amostras de sangue para dosagem do L. O tempo utilizado neste procedimento não foi maior que dois minutos.

Na etapa de recuperação (R), o esportista ficou em repouso, em posição decúbito dorsal, durante 90 minutos. Foram colhidas amostras de sangue a cada 30 minutos (R_1 - R_3); no final, foi registrado o peso corporal. No procedimento descrito acima, o esportista não recebeu líquidos (desidratado, D).

Quatro semanas depois, foi repetido o mesmo protocolo, mas, nessa ocasião, forneceu-se ao esportista, desde E_1 até E_6 , um volume médio de 1387 ml de água corrente, à temperatura ambiental, a qual foi ingerida *ad-libitum* (reidratado, R).

Medição das variáveis

A FC foi registrada minuto após minuto com o freqüencímetro e, a partir dela, estimou-se a PWC correspondente a cada minuto de corrida. A taxa sanguínea de lactato foi determinada pelo método enzimático (Ref 117850, Boehringer Mannheim), o coeficiente de variação no ensaio foi de 2,9% e, entre os ensaios, de 8,6%. Todas as determinações foram feitas em duplicata. A percepção subjetiva do esforço foi medida pela escala de Borg que classifica a intensidade do esforço de 6 a 20.

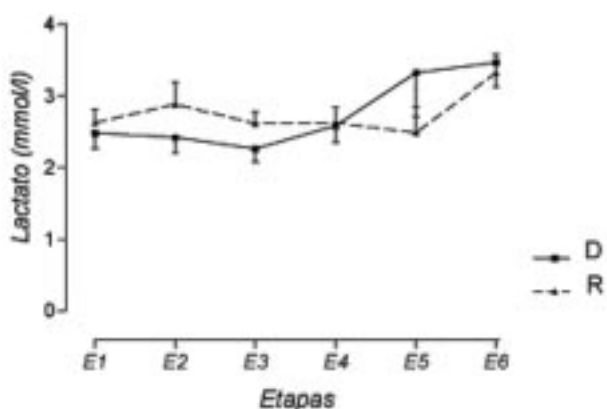
Análise estatística:

Os dados foram analisados com ajuda do programa STATISTICA 5.1 (StatSoft Inc.). Determinou-se a normalidade dos dados, foi feita ANOVA para as medições repetidas, assim como avaliação *post-hoc*, mediante a prova de *Newman-Keuls*. A regressão linear e o coeficiente de associação foram estabelecidos pelo método de *Pearson*. Adotou-se $p < 0,05$ para a significância das provas estatísticas.

Resultados

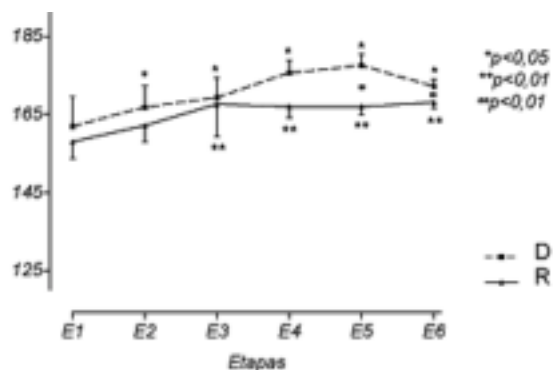
Na figura 1, observa-se a variação da concentração sanguínea do L, durante o exercício. Não houve variação significativa em nenhum dos procedimentos. Na ANOVA two way, não foram observadas diferenças entre os procedimentos, também não houve interação tempo-tratamento.

Figura 1. Variação da taxa sanguínea do lactato em cada um dos procedimentos realizados: ANOVA one way ($n=9$: D: sem reposição hídrica, R: com reposição hídrica)



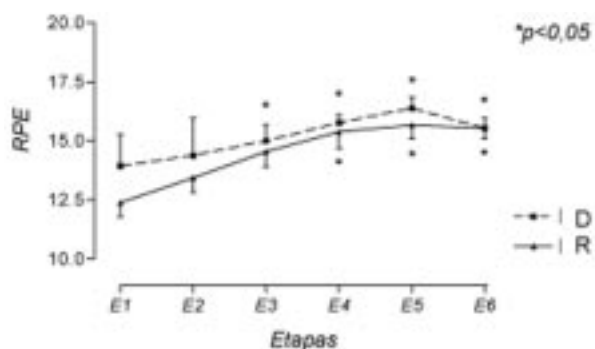
Na figura 2, mostra-se a FC durante o exercício. Em D houve aumento significativo desde E_2 ($p < 0,05$); observou-se em R incremento significativo a partir de E_3 ($p < 0,01$). A ANOVA two way mostrou diferenças significativas entre os dois procedimentos só no final do exercício, E_5-E_6 .

Figura 2. Variação da frequência cardíaca em cada um dos procedimentos realizados: ANOVA one way ($n=9$: D: sem reposição hídrica, R: com reposição hídrica; *: variação intraprocedimento, °: variação interprocedimento)



Na figura 3, é apresentada a variação da RPE, durante o exercício. Em D, houve incremento significativo, desde E_3 ($p < 0,05$) e em R, desde E_4 ($p < 0,05$). Na aplicação da ANOVA two way só houve diferença significativa com relação ao tempo ($p < 0,0001$).

Figura 3. Variação da percepção subjetiva do esforço em cada um dos procedimentos realizados: ANOVA one way ($n=9$: D: sem reposição hídrica, R: com reposição hídrica; *: variação intraprocedimento)



A análise da correlação linear da concentração sanguínea de L e as variáveis analisadas, durante o exercício, é apresentada na tabela 1. No grupo D, as correlações encontradas de L com RPE e FC foram maiores do que no grupo R.

Tabela 1. Correlação do lactato com as variáveis em estudo

	Lactato			
	D		R	
	r	p	r	p
RPE	0,90	<0, 01	0,62	<0, 01
FC	0,89	<0, 05	0,75	<0, 05

n= 7; D: sem reposição hídrica, R: com reposição hídrica. Análise dos valores médios, das variáveis durante o exercício

Discussão

Neste trabalho, observou-se que durante a realização de um exercício submáximo de longa duração, de intensidade constante por corredores de fundo, a concentração sanguínea de L não teve variações significativas em nenhum dos dois procedimentos. Possivelmente, isto obedece ao fato de que a intensidade do trabalho realizado determina a produção de L e, nos atletas com treinamento de resistência, há maior utilização do piruvato, devido ao aumento no número de mitocôndrias e maior atividade das enzimas envolvidas no ciclo de Krebs e no sistema de transporte de elétrons. Além disso, a depuração do L é maior, visto que ele pode ser utilizado como substrato energético pelas fibras aeróbias tipo I e as cardíacas, entre outras (6,9,18).

O estado de hidratação não mudou o comportamento do L, possivelmente porque em ambos os grupos a diminuição percentual do volume plasmático foi semelhante (4) e, conseqüentemente também, o aporte de oxigênio e substratos energéticos.

Houve um aumento estatisticamente significativo da FC, durante o exercício, tanto em D quanto em R, embora, quando não foram fornecidos líquidos dito incremento, tenha sido maior e mais precoce. Esse resultado sugere que, para a realização de atividade física submáxima de intensidade constante, longa duração e sem hidratação, a exigência do sistema cardiovascular é maior quando se pretende manter a intensidade do trabalho, caso contrário, há diminuição da capacidade física de trabalho, fato descrito previamente por outros autores (5).

Os resultados também mostraram alta correlação entre a FC e a concentração sanguínea de L, possivelmente porque ambos os fatores são reflexo do aumento na exigência metabólica que acontece durante o exercício. O sistema cardiovascular garante o fornecimento adequado dos substratos necessários para obter a energia para a contração

muscular; além disso, o lactato se constitui num indicador do aumento da glicólise, que acontece na etapa inicial das reações metabólicas envolvidas no processo.

A percepção subjetiva do esforço aumentou proporcionalmente em ambos os procedimentos com a duração do exercício, embora mais cedo em indivíduos desidratados. Embora o comportamento dessa variável não tenha dependido do estado de hidratação, a reposição hídrica não diminuiu significativamente a fadiga percebida durante o exercício de intensidade constante. Como esperado, a percepção subjetiva do esforço atingiu os valores máximos, perto do final do exercício porque, com o decorrer do tempo, a diminuição das reservas energéticas, o incremento na temperatura corporal e na FC, fica limitada a capacidade do indivíduo para prolongar, no tempo, a intensidade do exercício.

Outras pesquisas têm indicado que a desidratação prévia à realização de uma atividade física aumenta a RPE (3), embora sejam poucos os estudos que avaliam a desidratação e a RPE, durante o exercício. Na presente pesquisa, a hidratação parcial não modificou a RPE, possivelmente porque o grau de desidratação não foi suficiente para afetar essa variável. Este fato poderia explicar a rejeição dos atletas de ingerir líquidos durante as competições esportivas, visto que não aumenta o esforço percebido e, em compensação, não sofrem as moléstias abdominais ocasionadas.

Embora o L não tenha mudado significativamente, nem sido afetado pelo estado de hidratação, possivelmente a variação da RPE foi o fator determinante na correlação observada entre as duas variáveis, sendo maior no grupo D.

Conclusão

Em conclusão, durante a realização de exercício submáximo de longa duração e intensidade constante, sob condições ambientais neutras, por corredores de fundo treinados, com reposição hídrica ou sem ela, a taxa sanguínea do lactato não teve variações significativas e correlacionou-se com a frequência cardíaca e com a percepção subjetiva do esforço. O estado de hidratação não alterou o comportamento do lactato nem a percepção subjetiva do esforço, mas sim, a frequência cardíaca; isso pode ser um indicador, de que a hidratação, mesmo que parcial, melhora o desempenho esportivo.

Bibliografia

1. ASTRAND PO y RODAHLK K. Fisiología del trabajo físico. Ed Panamericana, Buenos Aires, Argentina; 1992: 338-421.
2. BERGH U, DANIELSSON U, WENNBERG J AND SJODIN B. Blood lactate and perceived exertion during heat stress. *Acta Physiol Scand.* 1986; 126: 617-618.

3. BORG G. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scand J Work Environ Health*. 1990; 16 (1):55-8.
4. CALDAS R, JARAMILLO HN, ORTÍZ A. Influencia del estado de hidratación sobre la capacidad física de trabajo y sobre la recuperación en atletas corredores de fondo. *Acta Med Colomb*. 1997; 22:132-139.
5. CALDAS R, JARAMILLO HN, ORTÍZ A. Influencia del estado de hidratación sobre la capacidad física de trabajo y las variables urinarias y plasmáticas en corredores de larga distancia. *Rev Antioqueña - Med Deport y Cienc apl deport- act fís*. 1998; 1(1):16-25.
6. FERRY A, DUVALLET A AND RIEU M. The effect of experimental protocol on the relationship between blood lactate and workload. *J Sports Med*. 1998; 28:341-347.
7. FRIEDMUND H. Ajustes al trabajo muscular. En Sistema muscular y deporte. (Convenio colombo-alemán de educación física, deporte y recreación) Tomo3. Ed. Copiservicio. Medellín. 1980. p111-114.
8. GANONG WF. Review Medical Physiology. 18ª ed. Appleton & Lange. Stamford, EUA. 1997.
9. GREENHALF, PL, HULTMAN, E y HARRIS RC. Carbohydrate metabolism. En POORTMANS JR. Principles of Exercise Biochemistry, 2nd ed.
10. KARVONEN J y VUORIMAAAT. Heart rate and exercise intensity during sports. *Sports Med*. 1988; 5: 303-312.
11. LÓPEZ , J. y FERNÁNDEZ, A. Metabolismo y utilización de los sustratos durante el ejercicio. En: LOPEZ, J. Fisiología del ejercicio. 2 ed. Panamericana, Madrid, España, 1998, p. 11-46.
12. LÓPEZ, J. y FERNÁNDEZ, A. Efectos Fisiológicos del Entrenamiento. En: LÓPEZ, J. Fisiología del ejercicio, 2 ed. Panamericana. Madrid, España, 1998, pp. 266-267
13. LÓPEZ, J. Respuestas y adaptaciones cardiovasculares con el ejercicio. En: LÓPEZ, J, FERNÁNDEZ, A. Fisiología del Ejercicio. 2ª ed, Panamericana, Madrid. España, 1998, pp. 133-150.
14. LÓPEZ, J y FERNÁNDEZ, A. Otros parámetros ergométricos. En: LÓPEZ J, FERNÁNDEZ A. Fisiología del Ejercicio. 2ª ed, Panamericana, Madrid, 1998, pp. 271-276.
15. MOREAU KL., WHALEY MH AND ROSS JH. The effects of blood lactate concentration on perception of effort during graded and steady state treadmill exercise. *Int J Sports Med*. 1999; 20: 269-274.
16. RIEU M. Lactoacidemia y ejercicio muscular. *Science and Sport*. El Sevier, Paris. 1986. 1-23.
17. SERRATO M. El intermediario metabólico de los estados hipermetabólicos. *Rev Antioqueña - Med Deport Cienc apl deport- act fís*. Memorias. V2,s1. 1999. p63-66.
18. SMITH E, SKELTON M, KREMER D, PAASCOE D. Lactate distribution in the blood during steady state exercise. *Med. Science. Sports Exerc*. 1998; 30 (9); 1424-1429.