

DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA ANAERÓBICA PICO E A POTÊNCIA MECÂNICA NA ZONA DO LIMIAR DE LACTATO EM SUJEITOS DESTREINADOS

Sandro Fernandes da Silva^{1,2,4}, Cíntia Campolina Duarte Rocha^{2,4}, Renato de Oliveira Jesus¹, Alessandro Henrique de Assis³, José Antonio de Paz⁴

¹ Universidade de Itaúna / Itaúna-MG / ² UNINCOR / Para de Minas-MG / ³ UFMG / BH-MG / ⁴ Universidad de León / León-España.

RESUMO

A resposta do lactato sangüíneo vem sendo utilizada para a avaliação da capacidade aeróbica e da identificação do umbral anaeróbico em indivíduos treinados e destreinados, bem como para a prescrição e controle do treinamento. O metabolismo anaeróbico abraça todos aqueles processos que permitem a síntese de ATP na ausência do oxigênio. O objetivo do trabalho foi relacionar uma variável aeróbica como é a potência alcançada no Limiar Anaeróbico, com uma anaeróbica como é a potência lograda no Teste de Wingate. Utilizamos um protocolo progressivo em cicloergômetro para determinação do limiar anaeróbico e um teste supra máximo de 30 segundos (Teste de Wingate). Não encontramos nenhuma relação entre as duas variáveis estudadas, esta diferença pode ser conhecida já que estamos estudando variáveis supostamente influenciadas por diferentes sistemas energéticos.

Palavras Chaves: Limiar Anaeróbico, OBLA, Teste de Wingate, Sistemas Energéticos.

INTRODUÇÃO

A identificação do limiar anaeróbico é importante para os treinadores desportivos e para os fisiologistas do esporte. A análise do lactato sangüíneo como uma técnica para identificar o limiar anaeróbico através do limiar de lactato, vem sendo muito utilizado na literatura científica, existindo inúmeras investigações que utilizam diferentes protocolos que determinam o L.A através do lactato sangüíneo¹. Existem diferentes modelos para determinar em que momento do trabalho acontece este fenômeno fisiológico os mesmos que empregam a determinação do lactato sangüíneo preferentemente no sangue arterial, atendendo ao seu comportamento durante o esforço, e determinando assim o limiar anaeróbico: OBLA, IAT, 2,0 mmol/L e 4,0 mmol/L². Autores relacionam o lactato durante o esforço com o apresentado durante a recuperação^{3,4}. O limiar anaeróbico láctico pode se definir como aquela carga de trabalho a partir da qual a concentração de lactato no sangue de um desportista aumenta de forma exponencial. A partir de esse nível e mantendo uniforme a intensidade, o lactato irá aumentando paulatinamente. O resultado obtido em uma prova de esforço em que se determinam os níveis de lactato em resposta ao incremento da intensidade permite estabelecer as intensidades idôneas para melhorar a capacidade e a potência das vias energéticas^{2,5}.

O termo que indica o momento do início do acúmulo de lactato no sangue (OBLA- *Onset of Blood Lactate Accumulation*), corresponde ao ponto em que a concentração sangüínea de lactato mostra um aumento sistemático acima de 4,0 mmol/L. Os investigadores utilizam com freqüência os termos limiar de lactato e OBLA como sinônimos, mas, cada um representa um ponto preciso operacionalmente diferente em termos de intensidade do exercício e nível de lactato no sangue. Para alguns o valor de 4,0 mmol/L para o OBLA implica a intensidade máxima do exercício em que um indivíduo consegue manter por um período de tempo prolongado^{6,7}. Autores⁸ dizem que o OBLA a 4,0 mmol/L corresponde a aproximadamente a 75-80% do $VO_{2MÁX}$. O lactato sangüíneo é a resposta do exercício progressivo que relata, também, a *performance* no exercício de *endurance*⁹. O limiar de lactato reflete a capacidade de *endurance* do indivíduo, além de prover informações para monitorar a intensidade do treinamento aeróbico^{9,10}.

Desde o princípio do século passado se conhece uma fase aeróbica e uma anaeróbica durante a contração muscular. Mas não antes da publicação das investigações, em que estabeleceu a relação entre a disponibilidade de O_2 e a produção de lactato. A partir de então começou a difundir-se na comunidade científica a idéia da coexistência de dois processos metabólicos musculares, um precisando da presença de O_2 , denominado aeróbico, e outro independente de O_2 , o anaeróbico.

Os primeiros autores que avaliaram¹¹ a participação da glicólise anaeróbica em diversos tipos de esforço. Estudaram a relação existente entre o VO_2 e a lactacidemia durante a recuperação, quer

dizer, nos minutos seguintes a finalização do exercício. Estes mesmos autores ¹¹ concluíram que o volume de O₂ consumido durante a recuperação depende da participação do metabolismo anaeróbico durante o exercício. Estes estudos ¹⁵ foram posteriormente questionados ^{12,13}.

O metabolismo anaeróbico abarca todos aqueles processos que permite a síntese de ATP na ausência de oxigênio. No contexto da Fisiologia do Exercício o termo potência é reservado para a velocidade com que se realiza o trabalho, enquanto o termo capacidade tem o significado de trabalho total efetuado independente do tempo usado para realizar-lo. No entanto, um erro excessivamente freqüente consiste em realizar equivalentes do trabalho total realizado durante um esforço que produz extenuação em pouco tempo (30 segundos a 2-3 minutos) com a capacidade anaeróbica, quando uma parte importante da energia necessária para efetuar esse esforço procede do metabolismo aeróbico ¹⁴.

A capacidade anaeróbica é a quantidade máxima de ATP sintetizada pelo metabolismo anaeróbico (do total do organismo) durante um tipo específico de esforço máximo, de curta duração. Quer dizer, é uma condição "*sine quae non*" que o exercício que produza a extenuação em pouco tempo. Se o esgotamento tem lugar em menos de dois minutos, a quantidade de ATP ministrada pelo metabolismo anaeróbico provavelmente não será máxima. O termo capacidade anaeróbica indica o máximo de ATP que pode chegar a abastecer o metabolismo anaeróbico ¹⁴.

Também se deve diferenciar entre a capacidade anaeróbica e capacidade de trabalho anaeróbico. A capacidade de trabalho anaeróbico deveria ser definida como a quantidade total de trabalho mecânico manifestado efetuado durante um tipo específico de exercício extenuante, de suficiente duração como para requerer um aporte de ATP por parte do metabolismo anaeróbico máximo (ou quase máximo), sempre e quando o aporte de ATP por parte do metabolismo anaeróbico seja superior ao aporte de ATP por parte do metabolismo aeróbico ^{11,12}.

Em virtude do anteriormente exposto o objetivo do trabalho é relacionar a potência alcançada no OBLA, com a potência anaeróbica alcançada, mostrando que os sujeitos que possuem uma maior potência anaeróbica pode relacionar-se também com uma melhor efetividade em um teste máximo de um componente aeróbico.

MÉTODOS

Participaram do estudo 33 jovens do sexo masculino estudantes da faculdade de Educação Física da Universidade de Itaúna /Brasil. Cada sujeito foi informado sobre os riscos e benefícios do estudo, eles conheciam seu direito de se retirar do estudo em qualquer momento, e posteriormente assinaram o consentimento livre e esclarecido aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade de Itaúna. Na tabela 1 estão descritos as características físicas dos sujeitos.

N	Idade (anos)	Altura (Cm)	Peso (Kg)	%G	VO ₂ (L.min ⁻¹)
33	22,58 ± 3,16	175,07 ± 5,56	71,38 ± 8,57	11,56 ± 5,30	3,13 ± 0,50

Tabela 1- Características Físicas dos Sujeitos

Teste Progressivo e Identificação do Limiar Anaeróbico:

O protocolo para análise do limiar anaeróbico foi o OBLA proposto por Sjödín e Jacobs (1981)⁸; que expressa o nível máximo do lactato sanguíneo compatível com um estado estável. O protocolo utilizado foi progressivo realizado em cicloergômetro da marca Max®, com aumentos da resistência progressivas que vão de 0-7Kpm. A freqüência de pedaladas foi de 60 rpm e aumentos de 50 watts a cada 3 minutos, o teste foi executado até a extenuação dos sujeitos. Para a determinação da curva de lactato e assim determinar o ponto aonde o acúmulo do lactato sanguíneo seja de 4,0 mmol/L. Em nosso estudo as análises sanguíneas foram realizadas ao final de cada estagio de 3 minutos durante o teste ergométrico progressivo. Aonde foram tomadas mostras do lóbulo da orelha. Foi realizada uma coleta sanguínea total de 25 microlitros para cada análise metabólica pelo lactímetro Accutrend (ROCHE), tendo sido descartada a primeira gota do sangue coletado. Ao final do teste também se retiraram mostras sanguíneas nos minutos 1, 3, 5, 7 e 10.

Potência Anaeróbica Pico:

O protocolo utilizado foi o teste de Wingate, realizado em cicloergômetro da marca Max®, empregando uma resistência de 0, 075Kg por Kg de peso corporal dos sujeitos avaliados, onde este, tem

a duração de 30 segundos, sendo que se registram continuamente as revoluções a cada 5 segundos, onde se determina a potência pico na média destes 5 segundos.

Análise Estatística:

Análise estatística descritiva das medias e desvio padrão. Para determinar a correlação entre as variáveis utilizamos o test de correlação Bivariável com a r de Pearson com uma correlação significativa de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Na tabela 2 demonstramos os valores alcançados na potência mecânica no OBLA, quer dizer lactato em 4,0 mmol/L. Também mostramos o valor médio da potência anaeróbica pico alcançada por nossos sujeitos.

N	Potência Mecânica (Watts)	Lactato (mmol/l ⁻¹)	Potência Anaeróbica (Watts)
33	222,73 ± 55,67	4,0 ± 0,0	283,13 ± 46,85

Tabela 2- Potência Mecânica (Watts) no OBLA e Potência Anaeróbica (Watts)

No gráfico 1 mostramos não existir correlação entre a potência alcançada na zona do L.A e a potência anaeróbica pico, com isto, demonstramos também, que não existe relação entre estas duas variáveis.

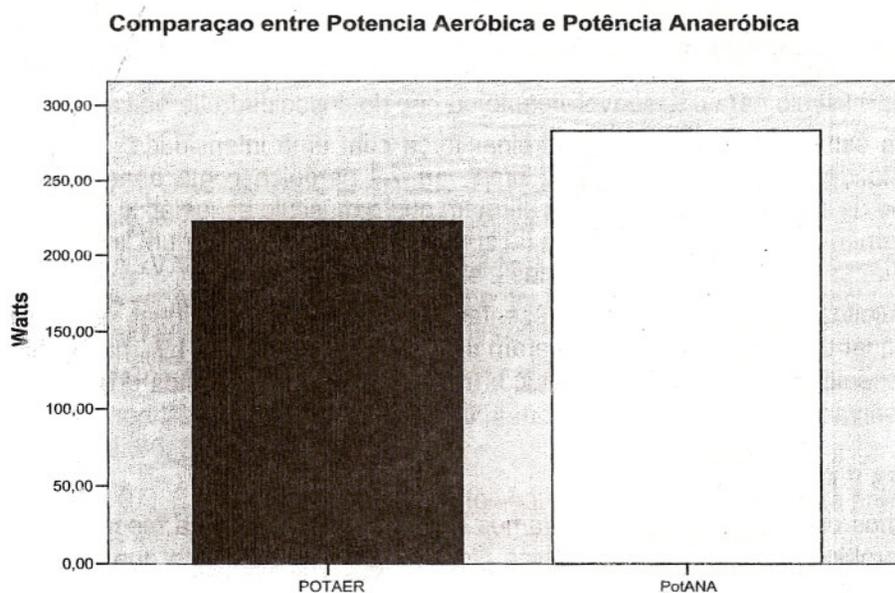


Gráfico 1 - Relação entre a Potência Anaeróbica e a Potência Mecânica.

DISCUSSÃO

Os sujeitos do estudo mostraram uma potência mecânica manifestada no limiar anaeróbico de 222 watts. Ao compararmos com os dados do estudo ¹⁵, realizado também em cicloergômetro com ciclistas profissionais encontraram 386 watts. Outro estudo ¹⁶ também com ciclistas, mas amadores encontraram 348 watts. Mas como era esperado, os sujeitos treinados mostraram valores de potência no limiar superior aos não treinados, e como o treinamento de resistência aeróbica nesses desportistas é um dos objetivos principais logicamente a potência desenvolvida pelos atletas será maior. Agora, quando comparamos os valores dos nossos sujeitos com outros não treinados observamos que não são tão baixos, pelo contrario são até mais altos, pois eles observam 219 watts ¹⁷. Portanto se observa que os sujeitos no nosso estudo não mostram um condicionamento aeróbico comparável com desportistas. A explicação que o treinamento aeróbico melhora a potência desenvolvida no limiar anaeróbico se o

treinamento é executado acima de 60% do $VO_{2MÁX}$ ¹⁸. A explicação para este acontecimento é que se produz uma adaptação predominante nas fibras tipos I e um incremento na taxa funcional das mesmas, que como se sabe produz uma menor taxa de lactato que as fibras rápidas para uma mesma intensidade de trabalho¹⁹.

A potência anaeróbica pico em nossos sujeitos foi de 283 watts, que é extremamente baixa quando comparada a outros estudos que mostram valores para desportistas entre os 880 a 1100 watts^{20, 21, 22, 23,24}. Mas, no entanto quando comparamos com sujeitos destreinados como os nossos encontramos valores próximos que são entre 440 e 560 watts^{25,26}.

Esses resultados apresentados nos referidos estudos apesar de serem extremamente superior ao que encontramos se deve em parte a diferença do método empregado para o cálculo da potência. Pois nossos dados são obtidos com a média da potência desenvolvida durante 5 segundos, enquanto os outros estudos^{20, 21, 22, 23, 24, 25, 26}, empregam sistemas tipo Encorder que registram a potência a partir de períodos de tempo que variam entre os 10 a 100 milissegundos, obtendo com esta frequência valores de potência pico muito, mas altos²⁷.

Alguns estudos afirmam que o treinamento de força leva a uma melhora na potência anaeróbica, devido a uma melhor sincronização no recrutamento das fibras musculares^{28, 29}, além disso, outros afirmam que a potência máxima alcançada em testes cíclicos se relaciona com a contração voluntária máxima que é afetada positivamente pelo treinamento de força^{30,31}.

Ao comparar os resultados alcançados entre a potência alcançada no limiar anaeróbico e a potência anaeróbica pico, tentamos relacionar uma variável aeróbica com uma variável anaeróbica. Alguns estudos relatam que a causa de interrupção em um teste ergométrico esta relacionado com a força muscular que responde efetivamente a trabalhos anaeróbicos, do que propriamente com a capacidade aeróbica^{32, 33}, afetando o desempenho aeróbico e conseqüentemente a potência mecânica desenvolvida no L.A. Com isto podemos entender que a fadiga muscular no teste ergométrico esta relacionado a fatores periféricos e não centrais³⁴, como também explicam artigos que relatam a importância do músculo para o desenvolvimento ou não da capacidade aeróbica.

Alguns estudos demonstram que treinar força com uma intensidade acima dos 40% do 1RM, pode ajudar no desenvolvimento tanto de uma variável aeróbica como anaeróbica^{35, 36, 37, 38}, estas afirmações vão de acordo aos estudos que afirmam que o músculo esquelético é um limitador do $VO_{2MÁX}$ e conseqüentemente da potência mecânica na zona do L.A.³⁹ além de ser um limitador também de testes cíclicos executados em intensidades máximas e supramáximas^{24,39}.

Os sujeitos do estudo não apresentaram uma tendência linear em relação aos dados encontrados, quer dizer, os sujeitos alcançaram uma melhor potência no L.A, não foram os mesmos que lograram uma maior potência anaeróbica pico, mostrando que em sujeitos destreinados não podemos relacionar estas variáveis.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Podemos concluir que não encontramos relação entre a potência mecânica alcançada na zona do limiar anaeróbico e a potência anaeróbica pico. O que fica manifesto que estas duas variáveis de sistemas energéticos supostamente diferentes não podem ser correlacionadas em sujeitos não treinados. Além disso, propomos continuar investigando esta linha para verificar o comportamento do treinamento de força e do treinamento aeróbico na ajuda do desenvolvimento de variáveis aeróbicas e anaeróbicas, e verificar ainda o papel do músculo esquelético como limitador do sistema cardiocirculatório.

REFERÊNCIAS

- 1) DAVIS JA (1985). Anaerobic threshold: Review of the concept and directions for future research. *Med. Sci. Sports Exerc.* 17: 6-18.
- 2) CHICHARRO JL, LAÍN SA, VAQUERO AF, MOJARES LML, MULAS AL, RUIZ MP (2004). Transición Aeróbica-Anaeróbica. Concepto, metodología de determinación y aplicaciones. Editorial Master Line. Madrid - España.
- 3) STEGMANN H, KINDERMANN W, SCHANABEL A (1981). Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. In. *J. Sports Med.* 2 (3): 160-165.

- 4) RIBEIRO JP (1995). Limiars metabólicos e ventilatórios durante o exercício. Aspectos fisiológicos e metodológicos. *Arq. Bras. De Cardiol.* 64 (2): 171-181.
- 5) SVEDAHL K, MACINTOSH BR (2003). Anaerobic threshold: The concept and methods of measurement. *Can. J. Appl. Physiol.* 82 (2): 299-323.
- 6) HERMANSEN L, VAAGE O (1977). Lactate disappearance and glycogen synthesis in human muscle after maximal exercise. *Am. J. Physiol.* 233: E422-E429.
- 7) HECK H, MADER A, HESS G, MÜCKE S, MULLER R, HOLLMANN W (1985). Justification of the 4mmol/l lactate threshold. *Int. J. Sports Med.* 6: 117-130.
- 8) SJÖDIN B, JACOBS I (1981). Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *Int. J. Sports Med.* 2: 23-26.
- 9) HELD T, MARTI B (1999). Substantial influence of level endurance capacity on the association of perceived exertion with blood lactate accumulation. *Int J Sports Med.* 20: 34-39.
- 10) BENEKE, R (2003). Methodological aspects of maximal lactate steady state - implications for performance testing. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 89 (1): 95-99.
- 11) MARGARIA R, AGHEMO P, ROVELLI E (1966). Measurement of muscular power (anaerobic) in man. *J. Appl. Physiol.* 21: 1662-1664.
- 12) HARRIS RC, EDWARDS RHT, HULTMAN E, NORDESJÖ LO, NYLIND B, SAHLIN K (1976). The time course of phosphorylcreatine resynthesis during recovery of the quadriceps muscle in man. *Pflugers Arch* 367: 137-142.
- 13) GAESSER GA, BROOKS GA (1984). Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review. *Med. Sci Sports Exerc.* 16: 29-43.
- 14) GREEN SA (1994). Definition and systems view of anaerobic capacity. *Eur J Appl Physiol* 69: 168-173.
- 15) PADILLA S, MÜJKA I, ORBAÑANOS J, ANGULO F (2000). Exercise intensity during competition time trials in professional road cycling. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32 (4): 850-856.
- 16) CHICHARRO JL, CARVAJAL A, PARDO J, PÉREZ M, LUCIA A (1999). Physiological parameters determined of OBLA vs. A fixed heart rate of 175 beats .min⁻¹ in an incremental test performed by amateur and professional cyclists. *Japanese J. Physiol.* 49: 63-69.
- 17) BENTLEY D, MCNAUGHTON LR, BATTERHAM AM (2001). Prolonged stage duration during incremental cycle exercise: effects on the lactate threshold and onset of blood lactate accumulation. *Eur. J. Appl. Physiol.* 85: 351-357.
- 18) LONDEREE BR (1997). Effect of training on lactate/ventilatory thresholds: a meta analysis. *Med. Sci. Sports Exerc.* 29 (6): 837-843.
- 19) MOUROT L, PERREY S, TORDY N, ROUILLON J D (2004). Evaluation of fitness level by the oxygen uptake efficiency slope after short-term Intermittent endurance training. *Int. Journal of Sports Med.* 25: 85-91.
- 20) CALBET JA, DE PAZ JA, GARATACHEA N, CABEZA DE VACA S, CHAVARREN J (2003). Anaerobic energy provision not limit Wingate exercise performance in endurance-trained cyclists. *J. Appl. Physiol.* 94: 668-676.
- 21) GARRETT WEJR, KIRKENDALL DT (2003). *A Ciência do Exercício e dos Esportes*. Editora Artmed. Porto Alegre - Brasil.
- 22) 30) CHROMIAK JA, SMEDLEY B, CARPENTER W, BROWN R, KOH YS, LAMBERTH JG, JOE LA, ABADIE BR, ALTORFER G (2004). Effect of a 10-week strength training program and recovery drink on body composition, muscular strength and endurance, and anaerobic power and capacity. *Nutrition.* 20: 420-427.

- 23) KOZIRIS LP, KRAEMER WJ, PATTON JF, TRIPLETT NN, FRY AC, GORDON SE, KNUTTGEN HG (1996). Relationship of aerobic power to anaerobic performance indices. *J. Strength Cond. Res.* 10 (1): 35-39.
- 24) SOUISSI N, GAUTHIER A, SESBOÛIE B, LARUE J, DAVENNE D (2003). Circadian Rhythms in two types of anaerobic cycle leg exercise: force-velocity and 30-s Wingate tests. *Int. J. Sports Med.* 25: 14-19.
- 25) CALBET JAL, CHAVARREN J, DORADO C (1997) Fractional use of anaerobic capacity during a 30 and a 45 s Wingate test. *Eur J Appl Physiol* 76: 308-313.
- 26) HOUSTON M.E, SHARRIT MT, BRICE RW (1983). Glycogen depletion and lactate responses in freestyle wrestling. *Can. J. Appl. Sports Sci.* 8 (2): 79-82.
- 27) STARON RS, LEONARDI MJ, KARAPONDO DL, MALICKY ES, FALKEL JE, HAGERMAN FC, HIKIDA RS (1991). Strength and skeletal muscle adaptations in heavy-resistance-trained women after detraining and retraining. *J Appl Physiol.* 70 (2): 631-640.
- 28) KRAEMER WJ, HAKKINEN K, TRIPLETT-Mc-BRIDE NT, FRY AC, KOZIRIS LP, RATAMESS NA, BAUER JE, VOLEK JS, McCONNELL T, NEWTON RU, GORDON SE, CUMMINGS O, HAUTH J, PULLO F, LYNCH JM, FLECK SJ, MAZZETTI SA, KNUTTGEN HG (2003). Physiological changes with periodized resistance in women tennis players. *Med. Sci. Sports Exerc.* 35 (1): 157-168.
- 29) WOOLSTENHULME MT, BAILEY BK, ALLSEN PE (2004). Vertical jump, anaerobic power, and shooting accuracy are not altered 6 hours after strength training in collegiate women basketball players. *J. Strength Cond. Res.* 18 (3): 422-425.
- 30) PINCIVERO DM, COELHO AJ, CAMPY RM (2003). Perceived exertion and maximal quadriceps femoris muscle strength during dynamic knee extension exercise in young adult males and females. *Eur. J. Appl. Physiol.* 89: 150-156.
- 31) SAUNDERS MJ, EVANS EM, ARNGRIMSSON SA, ALLISON JD, CURETON KJ (2003). Endurance training reduces end-exercise VO_2 and muscle using during submaximal cycling. *Med. Sci. Sports Exerc.* 35 (2): 257-262.
- 32) DUDLEY GA, DJAMIL R (1985). Incompability of endurance- and strength-training modes of exercise. *J. Appl. Physiol.* 59: 1446-1451.
- 33) HORTOBÁGYI T, KATCH FI, LACHANCE PF (1989). Interrelations among various measures of upper body strength assessed by different contraction modes. Evidence for a general strength development. *Eur J Appl Physiol* 58: 749-755.
- 34) HENNESSY LC, WATSON AWS (1994). The interference effects of training for strength and endurance simultaneously. *J. Strength Cond. Res.* 8 (1): 12-19.
- 35) BELL GJ, SYROTUIK D, SOCHA T, MACLEAN I, QUINNEY HA (1997). Effect of strength training and concurrent strength and endurance training on strength, testosterone and cortisol. *J. Strength Cond. Res.* 11: 57-64.
- 36) RICHARDSON RS, HARMS CA, GRASSI B, HEPPLER RT (1999). Skeletal muscle: master or slave of the cardiovascular system? *Med. Sci. Sports Exerc.* 32 (1): 89-93.
- 37) GONZALEZ-ALONSO J, CALBET JA (2003). Reductions in systemic and skeletal muscle blood flow and oxygen delivery limit maximal aerobic capacity in humans. *Circulation.* 107(6): 824-30.
- 38) CALBET JA, JENSEN-URSTAD M, VAN HALL G, HOLMBERG HC, ROSDAHL H, SALTIN B (2004). Maximal vascular conductances during whole body upright exercise in humans. *J. Physiol.* 558 (1): 319-331.
- 39) BILLAUT F, BASSET FA, GIACOMONI M, LEMAITRE F, TRICOT V, FALGAIRETTE G (2005). Effect of high-intensity intermittent cycling sprints on neuromuscular activity. *Int.J. Sports Med.* 27: 25-30, 2005.