



# LABORATÓRIO OLÍMPICO

INFORMATIVO TÉCNICO-CIENTÍFICO DO COMITÊ OLÍMPICO BRASILEIRO

17

JUL/AGO 2010

ANO III

## O USO DO LACTATO SANGUÍNEO NO ESPORTE: RECOMENDAÇÕES ÚTEIS AOS PROFISSIONAIS DAS CIÊNCIAS DO DESPORTO



SÉRGIO GREGORIO DA SILVA

Doutor em Fisiologia do Exercício pela University of Pittsburgh, EUA  
Docente do Departamento de Educação Física da Universidade Federal do Paraná



COSME FRANKLIN BUZZACHERA

Mestre em Educação Física pela Universidade Federal do Paraná  
Doutorando em Atividade Física e Saúde pela Università Degli Studi di Roma, Itália

### A FORMAÇÃO DO LACTATO E A SUA RELAÇÃO COM A FADIGA MUSCULAR

O processo de contração muscular é permitido pela degradação de moléculas energéticas denominadas Adenosina Trifosfato (ATP). Entretanto, as concentrações dessas moléculas de ATP dentro do músculo são normalmente limitadas, e sendo assim, os "estoques" de Fosfocreatina (PCr) são utilizados com a finalidade de resíntese e manutenção das concentrações de ATP durante contrações repetidas. Com o aumento no número de contrações, a concentração intramuscular de PCr gradualmente declina, e outros substratos energéticos necessitam aumentar a sua participação. Ao mesmo tempo, glicogênio muscular é degradado pelos músculos ativos, aumentando assim o fluxo da via glicolítica com a formação de Piruvato (e consequentemente Lactato) e da fosforilação oxidativa. Por muito tempo, acreditou-se que o acúmulo de Lactato estivesse diretamente associado com a formação de íons H<sup>+</sup> dentro do músculo, resultando assim em uma diminuição do pH (ou seja, acidose intramuscular). Essa foi a base para a denominada "Hipótese do Ácido Láctico para a Fadiga Muscular", a qual postula que **um acúmulo de Lactato ou uma acidose nos músculos ativos causam uma inibição dos processos contráteis, ocasionando assim uma diminuição no desempenho**. Tal hipótese tornou-se atrativa

a partir do fato que estudos conduzidos por diversos pesquisadores, como os vencedores do prêmio Nobel Archibald V. Hill e Otto Meyerhoff<sup>1</sup>, demonstravam sistematicamente uma associação direta entre insuficiência de oxigênio, "acidose láctica", e a diminuição da função muscular.

Recentemente, estudos conduzidos por Robergs e colaboradores<sup>2-3</sup> concluíram que a formação de íons H<sup>+</sup> não deriva da "acidose láctica" (ou seja, íons H<sup>+</sup> não são formados a partir da produção de Lactato via Piruvato), mas sim de reações glicolíticas que envolvem a hidrólise do ATP para a geração de energia. Tais achados balançam os pilares de sustento da "Hipótese do Ácido Láctico para a Fadiga Muscular", e aliados a numerosos estudos conduzidos desde meados da década de 1990, reforçam a ideia do Lactato não como um "agente inibidor", mas sim com um "agente promotor" da continuidade do exercício físico vigoroso. Independentemente do papel de "vilão" ou "herói" do Lactato na fadiga muscular, a sua mensuração tem sido muito utilizada nas Ciências do Desporto nos últimos anos.

### MENSURAÇÕES DO CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO E LACTATO: ASPECTOS HISTÓRICOS

Durante a primeira metade do Século XX, o conceito de Consumo Máximo de Oxigênio (VO<sub>2max</sub>) foi o primeiro, e muito provavelmente, o mais comum meio de avaliação da capacidade de endurance. Em uma série de estudos iniciais, Archibald V. Hill<sup>1</sup> diferenciou indivíduos com baixa e alta aptidão física, baseando-se tão somente em suas respostas de VO<sub>2max</sub>. Entretanto, questionamentos a respeito da utilidade do VO<sub>2max</sub> foram surgindo através das décadas, e incluíam aspectos como a sua dificuldade em distinguir indivíduos com desempenho similares ou mesmo a sua incapacidade de muitas vezes ser verdadeiramente determinado devido à falta de motivação dos indivíduos testados em produzir um esforço até a exaustão. Desse modo, inúmeras propostas foram surgindo, com o advento de parâmetros 'submáximos' como indicadores da aptidão física, substituindo assim os parâmetros máximos de outrora. Em um estudo pioneiro, Hollman e colaboradores<sup>4</sup> propuseram o denominado "Ponto de Ótima Eficiência Ventilatória", o qual correspon-

de ao primeiro aumento de ambos, equivalente ventilatório de oxigênio [ou seja, volume expiratório (VE)  $\div$  consumo de oxigênio ( $VO_2$ )] e concentração de Lactato arterial, durante teste de exercício físico com aumento progressivo das cargas. Contudo, a mensuração rotineira das concentrações de Lactato envolvia uma série de dificuldades metodológicas, e sendo assim, abriram-se as portas para o conceito de "Limiar Anaeróbico" (LAnaer) desenvolvido por Wasserman e colaboradores<sup>5</sup>, o qual correspondia simplesmente ao ponto no qual a plotagem VE versus  $VO_2$  desvia de sua normalidade.

*estudos conduzidos desde meados da década de 1990, reforçam a ideia do Lactato não como um "agente inibidor", mas sim com um "agente promotor"*

Desta maneira, a simples determinação do LAnaer, realizada de modo não-invasivo através de parâmetros respiratórios submáximos durante teste de exercício físico com aumento progressivo de cargas, difundiu-se rapidamente através de centros clínicos e de treinamento ao redor do mundo.

Em meados da década de 60, a mensuração das concentrações de Lactato em amostras de sangue capilar tornou-se possível, mediante métodos enzimáticos, levando assim a uma aumentada popularidade da utilização do Lactato sanguíneo como um parâmetros útil na determinação da capacidade de endurance e prescrição de cargas de trabalho durante treinamento físico. Numerosos conceitos de "Limiar de Lactato" (LLac) foram surgindo desde então, e a determinação do curso temporal do Lactato sanguíneo durante teste de exercício físico com incremento de cargas tornou-se uma das principais ferramentas para os cientistas do desporto.

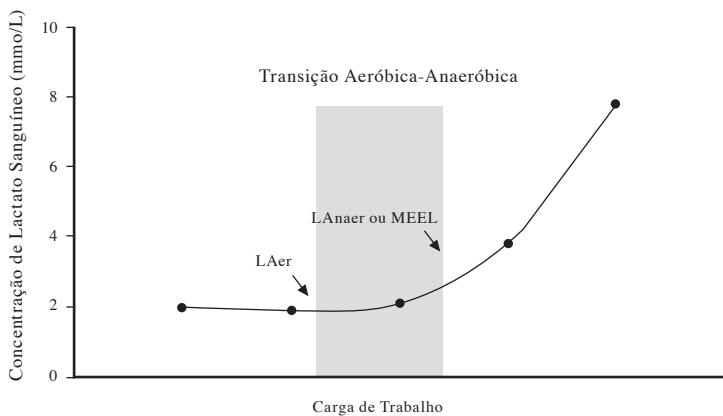
## MENSURAÇÃO DO LACTATO SANGUÍNEO: ASPECTOS METODOLÓGICOS

De um modo geral, a capacidade de endurance aeróbico é avaliada mediante uso de protocolos de teste de exercício físico com incremento de cargas. Nessas condições, um aumento exponencial no Lactato sanguíneo é observado, e a interpretação dessa "curva de Lactato" resultante é fundamental no diagnóstico da capacidade de endurance (Figura 1). Por exemplo, se essa curva de Lactato "se move"

para o lado direito após um período de treinamento físico, indicando assim uma menor concentração de Lactato sanguíneo para uma determinada carga de trabalho, significa dizer que a capacidade de endurance foi aumentada. Por outro lado, se o "movimento" dessa curva de Lactato dirige-se ao lado esquerdo, indicando uma maior concentração de Lactato sanguíneo para uma determinada carga de trabalho, pode-se considerar uma diminuição da capacidade de endurance. Entretanto, cabe ressaltar que inúmeros fatores poderiam induzir o profissional das Ciências do Desporto rumo a um inadequado diagnóstico da capacidade de endurance se baseado tão somente na análise da curva de Lactato. Por exemplo, indivíduos com uma depleção nutricional de glicogênio podem apresentar uma menor concentração de Lactato sanguíneo para uma determinada carga de trabalho, gerando assim um "movimento" da curva para o lado direito, o que poderia erroneamente ser interpretado como uma melhoria da capacidade de endurance. De modo similar, fatores metodológicos, tais como protocolo para o teste de exercício físico com incremento de cargas, procedimento matemático de ajuste da curva de Lactato, local e método para a obtenção das amostras sanguíneas, e métodos laboratoriais usados, podem significativamente influenciar uma análise precisa da curva de Lactato. A padronização desses fatores pode assegurar uma maior confiabilidade para o seu uso no diagnóstico da capacidade de endurance aeróbico durante um programa de treinamento físico.

A incapacidade de estimar precisamente a magnitude dos ganhos em endurance tem sido considerada uma importante limitação relativa às curvas de Lactato. Sendo assim, o uso dos LLac's tornou-se popular entre profissionais das Ciências do Desporto ao permitir uma quantificação das modificações ocorridas na capacidade de endurance. Nesse contexto, cabe aqui ressaltar um estudo pioneiro conduzido por Kindermann e colaboradores<sup>6</sup>, no qual introduziu o conceito de "Transição Aeróbica-Anaeróbica" como uma ferramenta útil no diagnóstico da capacidade de endurance e prescrição de cargas de trabalho durante treinamento físico em esportes de endurance, tais como atletismo, ciclismo, natação, canoagem, remo, entre outros. Basicamente, esse conceito estabelece a existência de dois "breakpoints" durante um teste de exercício físico com incremento de cargas. O primeiro "breakpoint", denominado "Limiar de Lactato Aeróbico" (LLAer), refere-se à intensidade na qual a concentração de Lactato sanguíneo começa a elevar-se acima de seu valor basal. Tal "LLAer" é comumente empregado tanto em prescrições de treinamento para a melhoria da aptidão física de atletas recreacionais como em sessões de treinamento de bai-

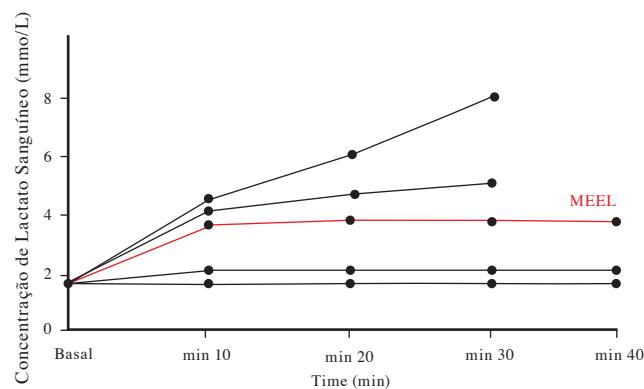
xa intensidade ou regenerativos em atletas de *endurance* de alto nível. O segundo “breakpoint”, denominado “Límiar de Lactato Anaeróbico” (LLAnaer) ou “Máximo Estado Estável de Lactato” (MEEL), refere-se à maior carga de trabalho constante na qual ainda pode-se verificar um equilíbrio entre produção e eliminação de Lactato. Neste ponto, torna-se importante ressaltar que o treinamento físico realizado em uma intensidade entre esses dois “breakpoints” relaciona-se com melhorias no metabolismo oxidativo intramuscular. Desse modo, profissionais das Ciências do Desporto preconizando um aumentado estímulo oxidativo muscular de seus atletas de *endurance* podem empregar essas cargas de treinamento durante exercício prolongado. Entretanto, esses profissionais devem saber que o “MEEL” representa o “limite superior” de um treinamento de *endurance* com carga constante, e sendo assim, um treinamento realizado em uma intensidade superior ao “MEEL” deveria empregar um protocolo de modo intervalado.



## LIMIARES DE LACTATO E SUA RELAÇÃO COM A PERFORMANCE

Dentro do treinamento desportivo, uma importante aplicação dos LLac's refere-se à sua habilidade em predizer desempenho de *endurance aeróbico*. Especificamente, certos conceitos de LLac têm sido correlacionados com o desempenho de *endurance* em competições futuras ou em testes laboratoriais simulando o evento competitivo. Por exemplo, como previamente discutido, o “MEEL” representa a maior intensidade de exercício físico constante que pode ser mantido por um longo período de tempo sem um aumento gradual nas concentrações de Lactato sanguíneo. Desse modo, parece lógico especular que o “MEEL” esteja intimamente relacionado ao desempenho de *endurance*. Estudos demons-

tram que o “MEEL” apresenta uma correlação considerável com o desempenho em eventos de *endurance*, variando desde 0.84 (40Km ciclismo contra o relógio) até 0.92 (corrida de 8Km). Entretanto, profissionais das Ciências do Desporto deveriam estar atentos aos procedimentos necessários para uma correta determinação do “MEEL”. Talvez um “gold standard” seria a realização de vários testes de exercício físico de carga constante, em dias diferentes, com uma duração mínima de 30 minutos e intensidades entre 50-90%  $VO_{2\max}$ . Nesse protocolo, um aumento nas concentrações de Lactato não superior a 1 mmol/L entre os minutos 10 e 30 de exercício físico deveria ser verificado (Figura 2).



Claramente, a determinação do “MEEL” não é fácil. O envolvimento de múltiplos testes de exercício físico e elevados custos referentes às inúmeras mensurações de Lactato torna a determinação do “MEEL” algo pouco aplicável no ambiente do treinamento desportivo. Dessa maneira, pesquisadores tem buscado freneticamente encontrar um conceito simples de LLac que seja fortemente atrelado ao conceito de “MEEL”, e similarmente, associado com o desempenho de *endurance*. E parecem estar obtendo êxito. Alguns conceitos de LLac, principalmente os modelos propostos por Heck<sup>7</sup> e Stegmann<sup>8</sup>, podem realmente associar-se ao “MEEL”. Ainda, certos conceitos de LLac, principalmente aqueles LLac's com valores fixos (por exemplo, 4.0mmol.L-1) ou relativos ao “LLAnaer”, tendem a apresentar uma alta correlação com o desempenho de *endurance* em eventos competitivos ou simulados. Essas correlações mostram-se mais elevadas para eventos de longa duração (21.1-42.2Km) comparativamente àqueles eventos de curta duração (0.8-3.2Km), bem como em eventos de corrida comparativamente àqueles de ciclismo. A totalidade desses resultados sugerem aos profissionais das Ciências do Desporto que certos conceitos de LL, geralmente similares ao conceito de “MEEL”, são úteis como preditores de desempenho em eventos competitivos de *endurance* ou mesmo no diagnóstico da capacidade de *endurance aeróbico*.

Infelizmente, a mensuração do Lactato sanguíneo em eventos esportivos com característica intermitente, tais como futebol, hóquei sobre grama, rugby, entre outros, parece não propiciar os mesmos benefícios aos profissionais das Ciências do Desporto como em eventos esportivos de *endurance*. Isso pode derivar do fato que nesses eventos esportivos intermitentes, os quais geralmente intercalam períodos breves (2-3 segundos) de estímulos de alta intensidade e períodos mais longos de recuperação, os decréscimos no desempenho físico parecem não ser preditos pelas concentrações de Lactato sanguíneo, embora o fornecimento de energia pela via glicolítica anaeróbica ainda seja relevante. Inúmeros fatores inerentes ao evento esportivo, incluindo constantes mudanças de direção, atividades musculares excêntricas, períodos mais longos de trotes e corridas devido às ações do adversário, entre outros, podem influenciar as concentrações de Lactato sanguíneo dos indivíduos, dificultando assim qualquer capacidade preditiva ou diagnóstica do desempenho.

## AOS PROFISSIONAIS DAS CIÊNCIAS DO DESPORTO

No âmbito do treinamento desportivo, a mensuração das concentrações do Lactato sanguíneo pode significativamente auxiliar os profissionais das Ciências do Desporto no diagnóstico da capacidade de *endurance* e predição do desempenho de *endurance* em eventos competitivos. Importante ressaltar que uma maior precisão pode ser obtida mediante análise conjunta da curva de Lactato e Limiares de Lactato. Contudo, a padronização dos protocolos de testes de exercício físico com incremento de cargas é fundamental para evitar a influência de fatores que podem induzir a determinações inadequadas de ambos. Dentro desse contexto, recomenda-se aos profissionais das Ciências do Desporto um uso adequado e análise das mensurações de Lactato sanguíneo de seus atletas de *endurance* na busca da maximização do processo de treinamento físico, bem como na difícil luta por resultados positivos nesse interessante fenômeno chamado "Desporto de Alto Rendimento".

## REFERÊNCIAS

01. Archibald V. Hill, Nobel Lectures, Physiology or Medicine 1922-1941, Elsevier Publishing Company, Amsterdam.
02. Robergs RA, et al. Biochemistry of exercise-induced acidosis. Am J Physiol 2004; 287: 502-516.
03. Robergs RA, et al. Lingering construct of lactic acidosis. Am J Physiol 2005; 289: 904-910.
04. Hollmann W. 42 years ago: development of the concepts of ventilatory and lactate threshold. Sports Med 2001; 31: 315-320.
05. Wassermann K, et al. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients. Am J Cardiol 1964; 14:844-852.
06. Kindermann W, et al. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. Eur J Appl Physiol 1979; 42: 25-34.
07. Heck H, et al. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. Int J Sports Med 1985; 6: 117-130.
08. Stegmann H, et al. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. Int J Sports Med 1981; 2: 160-165.

Laboratório Olímpico é uma publicação do Comitê Olímpico Brasileiro (COB)

PATROCINADORES OFICIAIS



CAIXA

APOIADOR



PATROCINADOR DO TIME BRASIL



ASSISTÊNCIA  
ODONTOLÓGICA

