

U. PORTO



FACULDADE DE DESPORTO
UNIVERSIDADE DO PORTO

A influência da duração dos patamares (num protocolo de carga incremental) na determinação do limiar anaeróbio em remadores.

Dissertação apresentada com vista à obtenção do grau de Mestre em Ciências do Desporto - área de especialização de Treino de Alto Rendimento Desportivo, de acordo com o Decreto-Lei nº 74/2006 de 24 de Março.

Pedro Diogo Rosas Cardoso Fraga

Orientador: Professor Doutor José Augusto Rodrigues dos Santos

Porto, Dezembro de 2011

Mestrado:

Fraga, P. (2011). *A influência da duração dos patamares (num protocolo de carga incremental) na determinação do limiar anaeróbio em remadores*. Porto: P. Fraga. Dissertação de Mestrado para a obtenção do grau de Mestre em Treino de Alto Rendimento, apresentado à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto

Palavras-chave: REMO ERGÓMETRO; LIMIAR ANAERÓBIO; MÁXIMO ESTADO ESTÁVEL DE LACTATO; PROTOCOLO INCREMENTAL; PATAMARES;

AGRADECIMENTOS

Para a realização deste estudo foi importante a colaboração de várias pessoas e entidades que tudo fizeram para melhorar o trabalho.

Desta forma gostaria de agradecer:

- Ao Professor Doutor José Augusto Rodrigues dos Santos, por toda a orientação prestada ao longo do estudo, sendo os seus conhecimentos decisivos para a realização deste trabalho.
- Ao amigo e treinador Mestre Eduardo Oliveira, pela disponibilidade prestada, em particular na realização dos diversos testes.
- Ao Professor Doutor Paulo Colaço, pela colaboração na interpretação dos resultados obtidos no testes.
- Ao Professor Doutor Domingos Silva, pela colaboração no tratamento estatístico deste estudo.
- À Federação Portuguesa de Remo, em especial ao Presidente Rascão Marques, pelo diverso apoio material para a realização dos testes.
- Ao Sport Club do Porto, em especial ao treinador Jorge Cardoso, pela disponibilidade de utilização dos equipamentos para a realização dos testes.
- A todos os remadores envolvidos neste estudo, em especial ao Nuno Mendes, companheiro de “luta nos mundos do remo”.
- Aos meus pais, pela educação que me deram e pela pessoa que sou hoje.
- À Marta que esteve sempre ao meu lado em todos os momentos.

3. Objetivos.....	27
3.1. Objetivo geral.....	27
3.2. Objetivos específicos.....	27
4. Material e métodos.....	31
4.1. Caracterização da amostra.....	31
4.2. Material utilizado.....	31
4.3. Procedimentos experimentais.....	32
4.3.1. Determinação da lactatemia.....	32
4.3.2. Determinação da performance máxima durante 2km “ <i>all-out</i> ”	33
4.3.3. Determinação do máximo estado estável de lactato (MLSS).....	33
4.4. Procedimentos estatísticos.....	34
5. Apresentação dos resultados.....	37
6. Discussão dos resultados.....	47
7. Conclusões.....	59
8. Referências bibliográficas.....	63

Índice de figuras

Figura 1: Contribuição das componentes energéticas numa regata de remo de 2000m (adaptado de Nolte 2005).....	10
Figura 2: Quantidade de ATP formado a partir de uma molécula de glucose, tanto em condições anaeróbias (no citosol, via glicólise: 2 ATP), como em condições aeróbias (na mitocôndria, via oxidação: 34-36 ATP). (Adaptado de Santos n/d).....	11
Figura 3: Descrição da performance metabólica de um remador de elite durante um máximo de 6 minutos (adaptado de Nolte 2005).....	12
Figura 4: Exemplo da determinação da intensidade correspondente ao MLSS no remo ergometro (Adaptado de Beneke et al., 2000).....	19
Figura 5: Comparação ($P < 0.05$) entre a concentração sanguínea (BLC) obtida, em atletas de elite de remo, ciclismo e patinagem de velocidade, através do teste de máximo estado estável de lactato (MLSS). (Adaptado de Beneke et al., 1996).....	21
Figura 6: Comparação do máximo estado estável de lactato (MLSS) realizado em remo ergometro e ciclo ergometro (Adaptado de Beneke et al., 2001).....	22
Figura 7: Exemplo da determinação da intensidade correspondente ao MLSS...	37
Figura 8: Representação da variação das curvas de lactato.....	38
Figura 9: Correlações entre MLSS e LAn4 obtida nos patamares de 3 minutos..	39
Figura 10: Correlações entre MLSS e LAn4 obtida nos patamares de 5 minutos.	39
Figura 11: Correlações entre MLSS e LAn4 obtida nos patamares de 7 minutos.	40
Figura 12: Correlação entre MLSS com a Pmax.....	42

Índice de quadros

Quadro 1: Características da regata de remo na distância olímpica de 2000 metros (Adaptado de Izquierdo-Gabarren et al., 2010).....	7
Quadro 2: Valor percentual atribuído à contribuição de cada um dos sistemas energéticos na regata de remo de 2000m.....	8
Quadro 3: Representação de diferentes conceitos de limiar anaeróbio segundo diferentes autores (Adaptado de Colaço, 1999; cit. Santos 1995).....	18
Quadro 4: Comparação do limiar anaeróbio às 4mmol/L com o máximo estado estável de lactato (MLSS), segundo diversos autores (Adaptado de Faude et al., 2009).....	23
Quadro 5: Média, desvio-padrão, valores mínimos e máximos das medidas antropométricas.....	37
Quadro 6: Média e desvio-padrão da MLSS, LAn4 pat 3min, LAn4 pat 5min e LAn4 pat 7min(W).....	38
Quadro 7: Correlação entre a MLSS com a LAn4 nos diferentes patamares de esforço.....	40
Quadro 8: <i>Mean Rank</i> e ANOVA de Friedman na comparação simultânea entre os três momentos de registo da LAn4.....	40
Quadro 9: <i>post-hoc</i> de Bonferroni.....	41
Quadro 10: Média, desvio-padrão, valores mínimos e máximos da produção de lactato no MLSS.....	41
Quadro 11: Correlação entre MLSS com a Pmax (W).....	41
Quadro 12: Média, desvio-padrão, valores mínimos e máximos da frequência cardíaca.....	42

Quadro 13: <i>Mean Rank</i> e ANOVA de Friedman na comparação simultânea entre os três momentos de registo da frequência cardíaca.....	43
---	----

RESUMO

Objetivo: O objetivo deste estudo foi determinar o protocolo cuja duração dos patamares ($_{pat}3'$, $_{pat}5'$ ou $_{pat}7'$) nos permita estabelecer qual a intensidade de trabalho às 4mmol/L (LAn4) que melhor se relaciona com a obtida no teste de máximo estado estável de lactato (MLSS).

Material e métodos: Dez remadores portugueses de elite ($25,1 \pm 4,82$ anos; $177,5 \pm 5,50$ cm; $69,8 \pm 2,74$ kg) realizaram em remo ergómetro, testes para determinar o máximo estado estável de lactato (MLSS), verificando a intensidade máxima em que a concentração de lactato não aumenta mais do que 1mmol/L durante os 20 min finais dos 30 min do teste contínuo de carga constante. Posteriormente, foram realizados testes incrementais para a determinação do LAn4, recorrendo a diferentes durações dos patamares ($_{pat}3'$, $_{pat}5'$ e $_{pat}7'$).

Resultados: Os resultados apresentam uma forte e muito significativa ($p < 0,001$) correlação ($r > 0,90$) entre o MLSS e o LAn4 obtido nos diferentes patamares ($_{pat}3'$, $_{pat}5'$ e $_{pat}7'$). Contudo, comparando a intensidade média obtida às 4mmol/L nos diferentes patamares com o MLSS, verificamos que o protocolo com patamares de 7 minutos ($251,5 \pm 35,72$ W) é o que mais se relaciona com o MLSS ($246,5 \pm 35,20$ W).

Conclusão: O presente estudo indica os patamares de 7 minutos como os mais adequados para a determinação, através do limiar anaeróbio, da competência aeróbia de um atleta de remo.

Palavras-chave: REMO ERGÓMETRO; LIMIAR ANAERÓBIO; MÁXIMO ESTADO ESTÁVEL DE LACTATO; PROTOCOLO INCREMENTAL; PATAMARES.

ABSTRACT

Purpose: The aim of this study was to determine the protocol whose steps' duration (step3', step5' and step7') allowed to find the intensity of work at 4mmol/L better related to the intensity obtain in de maximal lactate steady state (MLSS).

Material and methods: Ten Portuguese elite rowers ($25,1 \pm 4,82$ age; $177,5 \pm 5,50$ cm; $69,8 \pm 2,74$ kg) performed several trials in rowing ergometer to find the maximal lactate steady state (MLSS). These tests try to achieve the highest intensity in which blood lactate concentration don't increase more than 1mmol/L during the final 20min of a 30min constant workload test. Later, were realized the incremental step tests to find the anaerobic threshold at 4mmol/L, using different steps' duration (step3', step5' and step7').

Results: The results shown a strong and very significant ($p < 0,001$) correlation ($r > 0,90$) between MLSS and AT4 obtained in the different steps (step3', step5' and step7'). On the other hand, compared the average of intensity obtained at 4mmol/L in the different steps with the MLSS, we verify that the protocol with 7 minutes ($251,5 \pm 35,72$ W) is the most related with MLSS ($246,5 \pm 35,20$ W).

Conclusion: The present study indicates the step of 7min as the most available to determine, using the anaerobic threshold, the aerobic component of the rowing athlete.

Key words: ROWING ERGOMETER; ANAEROBIC THRESHOLD; MAXIMAL LACTATE STEADY STATE; INCREMENTAL PROTOCOL; STEPS.

Lista de abreviaturas

ATP – adenosinatrifosfato

ADP – adenosinadifosfato

BLC – concentração de lactato sanguínea

CE – ciclo ergómetro

cm – centímetro

CP – fosfocreatina

DV – desvio padrão

FC – frequência cardíaca

FISA – *Fédération Internationale des Sociétés d’Aviron*

gr/mm² – grama por milímetro ao quadrado

HC – hidratos de carbono

H⁺ - hidrogénio

Kg - kilograma

km - kilometro

LAn – limiar anaeróbio

LAn4 – limiar anaeróbio às 4mmol/L

M – média

m - metros

max - máximo

min – minuto

MLSS – máximo estado estável de lactato

mmol/L – milimoles por litro

m/s – metros por segundos

n – numero de individuos

p – nível de significância

N – newtons

P – potência

pat3' – patamares com duração de 3 minutos

pat5' – patamares com duração de 5 minutos

pat7' – patamares com duração de 7 minutos

PL – pesos ligeiros

Pmax – performance máxima

RE – remo ergómetro

r – correlação

SR – cadência de remada

UT1 – zona de treino “*utilisation 1*”

UT2 – zona de treino “*utilisation 2*”

VO₂ – consumo de oxigénio

VO₂max – consumo máximo de oxigénio

V4 – velocidade às 4mmol/L

W – watts

% - percentagem

Introdução

1. Introdução

Durante as duas últimas décadas vários documentos foram publicados sobre as variáveis do lactato como indicadores de adaptações ao treino e da performance. No entanto é difícil comparar os diversos estudos porque recorrem a diferentes variáveis, definições, metodologias e técnicas de medição.

No panorama do remo nacional e internacional é comum o recurso ao protocolo incremental descontínuo para determinar o limiar anaeróbio, nem sempre por ser o melhor método para seleccionar os remadores, mas como uma poderosa forma de controlo de treino. Os resultados obtidos através do protocolo incremental são considerados fundamentais no planeamento e reprogramação do plano de preparação para as competições (Nolte, 2005).

Segundo diversos autores (Urhausen et al., 1993; Beneke et al., 2003; Billat et al., 2003), um método válido para a determinação do limiar anaeróbio (LAN) é o teste de máximo estado estável de lactato (MLSS), no entanto apesar de ser o mais indicado para a avaliação da capacidade de resistência aeróbia de um atleta, o teste é longo e dispendioso. Para além de isso, acarreta um desgaste para o atleta e pode ser necessário realizar uma alteração do planeamento de treino durante vários dias. Perante esta realidade é comum recorrer aos testes incrementais para determinação do LAN, a partir de concentrações fixas de lactato, porque se apresentam mais rápidos, económicos e poderão ser realizados em qualquer período de treino. Por outro lado, atualmente a validade de alguns dos protocolos tem sido contestada por vários investigadores (Heck et al., 1985; Foxdal et al., 1996; Faude et al., 2009), referindo que a duração do patamar poderá influenciar de forma determinante o valor final encontrado para o limiar anaeróbio.

Neste sentido surge a pertinência em definir um protocolo incremental válido que nos indique com mais precisão o limiar anaeróbio. Assim, propusemo-nos determinar o protocolo cuja duração dos patamares ($_{pat}3'$, $_{pat}5'$ ou $_{pat}7'$) nos permita estabelecer qual a intensidade de trabalho a que se encontra o ponto de perda do equilíbrio da lactatemia, ou seja a intensidade às 4mmol/L (LAN4),

relacionando-a com a registada no teste de máximo estado estável de lactato (MLSS). De igual forma procuramos determinar a concentração de lactato correspondente ao máximo estado estável de lactato (MLSS) e a correlação entre este indicador e a performance aos 2000m.

Revisão bibliográfica

2. Revisão bibliográfica

2.1. Caracterização da modalidade de remo

A performance numa regata de remo está dependente da habilidade técnica e de um elevado nível de condição física (Mahler et al., 1984) Para remar é necessário coordenar muscularmente os membros inferiores, tronco e membros superiores, representando mais de 85% da massa muscular total do corpo (Mader et al., 1986).

O remo é caracterizado como um desporto de “força-resistência”. A regata do programa olímpico é percorrida na distância de 2000m, que decorre entre 5.5 a 7.0 minutos, dependendo do tipo de embarcação, escalão e condições climatéricas (quadro 1).

Quadro 1: Características da regata de remo na distância olímpica de 2000 metros
(Adaptado de Izquierdo-Gabarren et al., 2010)

Distância (m)	2000
Tempo médio (min)	5,5 – 7,0
Nº de remadores	1, 2, 4 ou 8
Categorias	Pesos ligeiros e pesos absolutos
Cumprimento do barco	Variável
Velocidade média do barco (m/s)	5,3 – 6,0
Nº de remadas por minuto	32 – 38
Total de remadas	210 - 230
Potência média por remada (N)	500 -700
Plano de água	Águas paradas – pista balizada
Participação muscular	Total – trem superior e inferior

As embarcações utilizadas em competição poderão ser constituídas por 1, 2, 4 ou 8 remadores que utilizam um único remo (remo de pontas); existem ainda o *single-scull*, *double-scull* e o *quadri-scull* onde cada atleta utiliza um par de remos (remo de pares).

De acordo com os regulamentos da federação internacional de remo (FISA), no escalão sénior, os atletas estão divididos em duas categorias: peso ligeiro, PL, (o peso máximo de um remador é de 72,5kg, e para remadoras um peso máximo de 59kg) e peso absoluto (sem limite de peso). Na categoria de pesos ligeiros a média da tripulação (dois ou mais atletas) não poderá exceder os 70 kg nos masculinos e 57 kg no escalão sénior feminino.

Em relação às exigências bioenergéticas do remo, Hartmann e Mader (1993) concluíram que durante uma regata com a duração aproximada de 6 minutos, 80% da energia requerida provém da capacidade aeróbia, 11% da capacidade anaeróbia láctica e 9% da capacidade anaeróbia aláctica. Já Roth et al., (1993), atribuíram maior percentagem ao metabolismo anaeróbio, cerca de 33%, restando 67% para o metabolismo aeróbio (quadro 2).

Quadro 2: Valor percentual atribuído à contribuição de cada um dos sistemas energéticos na regata de remo de 2000m, segundo vários autores.

Autores	Anaeróbio	Aeróbio
Secher, 1983	20-30%	70-80%
Vrijens 1991	30%	70%
Hartmann et al., 1993	20%	80%
Roth et al., 1993	33%	67%
Steinacker, 1993	20-30%	70-80%
Pripstein et al., 1999	16%	84%
Cosgrove et al., 1999	30%	70%
Nielsen et al., 2001	20-25%	75-80%

Como podemos observar no quadro 2, apesar de algumas diferenças entre os autores, todos eles atribuem elevada contribuição do metabolismo aeróbio durante os 2000m de uma regata de remo

2.2. Caracterização metabólica do remador

Vários estudos comparam características de remadores de elite com remadores menos credenciados, sugerindo que os primeiros têm um consumo máximo de oxigénio mais elevado (Cosgrove et al., 1999), assim como um elevado VO_2 a uma concentração de lactato de 4mmol/L (Hartmann e Mader, 1993), uma massa magra maior (Smith et al., 1994) e uma percentagem mais elevada de fibras musculares tipo I (Secher, 1993).

Relativamente ao VO_{2max} , que mede a capacidade do corpo em captar, transportar e consumir oxigénio (Shephard, 1998), é considerada uma das variáveis mais importantes na performance desportiva, sendo, por isso um dos indicadores utilizados com maior frequência nos laboratórios de fisiologia do exercício (Howley et al., 1995).

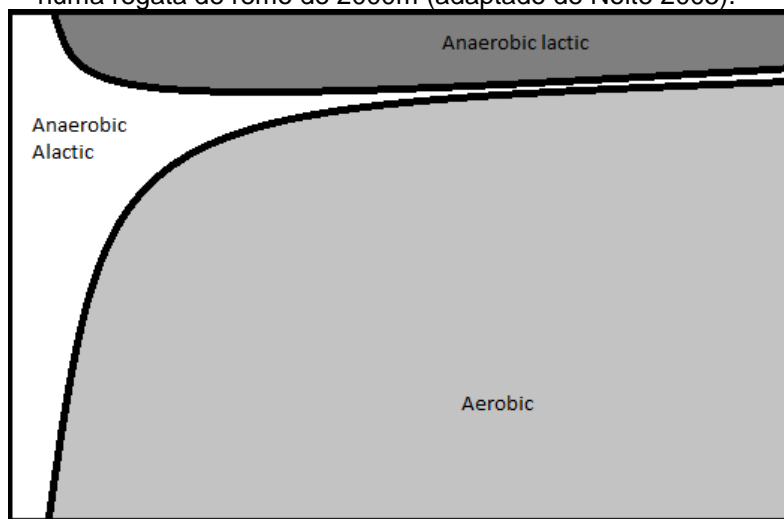
Relativamente às adaptações músculo-esqueléticas, os remadores altamente treinados possuem uma superior percentagem de fibras do tipo I ou fibras lentas, que se caracterizam por uma elevada capacidade oxidativa permitindo suportar elevadas taxas de lactato muscular (Cosgrove et al., 1999). Revelando ainda que as grandes massas musculares de um remador absoluto de elite resultam num baixo VO_{2max} relativo, quando comparado com fundistas de elite. Apesar deste fator, as grandes massas musculares não penalizam o desempenho dos remadores visto que o aumento da força de arrasto induzida por um elevado peso corporal é parcialmente atenuada pelas condições de inércia da embarcação.

Importa mencionar que há estudos que referem que uma elevada potência aeróbia nos remadores está fortemente correlacionada com o sucesso na performance. (Hagermann, 1984; Secher, 1993).

2.2.1. Sistemas Energéticos

Como foi referenciado anteriormente, a capacidade metabólica e a potência de remada resultam da massa muscular ativa, que depende de 3 componentes energéticas: anaeróbia aláctica, anaeróbia láctica e a aeróbia. Todas estas componentes estão dependentes da constância das concentrações intracelulares de adenosinatrifosfato (ATP), porque esta é a única molécula utilizada para produzir o deslize dos miofilamentos contrácteis (figura 1).

Figura 1: Contribuição das componentes energéticas numa regata de remo de 2000m (adaptado de Nolte 2005).



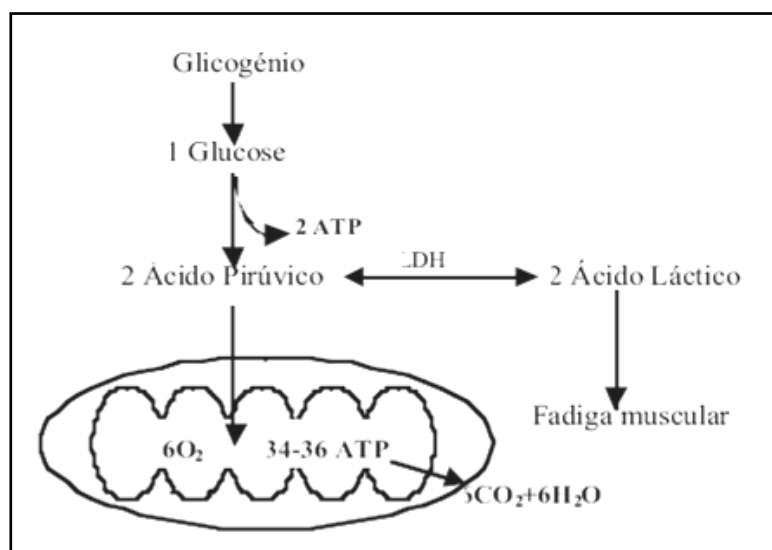
A energia anaeróbia aláctica depende da reserva de adenosinatrifosfato (ATP) e da fosfocreatina (CP) nos músculos, esta reserva fornece energia imediata aos remadores durante os 15 a 30 segundos iniciais da prova. Nesta fase da regata o ATP mantém-se relativamente constante, enquanto as concentrações de CP declinam através da quebra do grupo fosfato da molécula de creatina através da enzima creatina-quinase, após a quebra o grupo fosfato ligar-se à adenosinadifosfato (ADP) para formar ATP (Brooks et al., 2000).

A energia anaeróbia láctica, também conhecida por energia glicolítica, é proveniente do desdobramento rápido dos hidratos de carbono (HC), armazenados sob a forma de glicogénio, produzindo moléculas de ácido láctico, um processo que decorre no citosol da molécula de glicose nas fibras esqueléticas e que se designa por glicólise. Um processo mais complexo do

que o anaeróbico alático, requerendo um conjunto de 12 reações enzimáticas para degradar o glicogénio, convertendo a molécula de glicose em 2 de ácido láctico, formando paralelamente 2 de ATP sem utilização do oxigénio. Esta energia é solicitada até cerca dos 2 minutos de regata (figura 1), conduzindo à formação e acumulação de ácido láctico no músculo que provocará uma acidose (aumento da concentração de H^+) que levará a uma fadiga progressiva (Brooks et al, 2000).

A energia aeróbia apresenta-se diretamente relacionada com a capacidade de consumo de oxigénio e com o volume mitocondrial, ocorrendo oxidação mitocondrial da glicose, lípidos e alguns aminoácidos. A partir dos 2 minutos de regata (figura 1) a produção de ATP é maioritariamente assegurada pela mitocôndria, o piruvato entra nas mitocôndrias (figura 2) e, depois de transformar-se em acetil-CoA (forma de ácido acético), oxida-se no ciclo de Krebs (ou ciclo do ácido cítrico), libertando-se dióxido de carbono e H^+ . As transferências de energia que resultam destas últimas reações implicam o transporte de eletrões e a fosforilação oxidativa associada, em que o papel principal do oxigénio é o de servir como recetor final de eletrões na cadeia respiratória e combinar-se com o hidrogénio para formar água.

Figura 2: Quantidade de ATP formado a partir de uma molécula de glicose, tanto em condições anaeróbias (no citosol, via glicólise: 2 ATP), como em condições aeróbias (na mitocôndria, via oxidação: 34-36 ATP). (Adaptado de Santos s.d.)

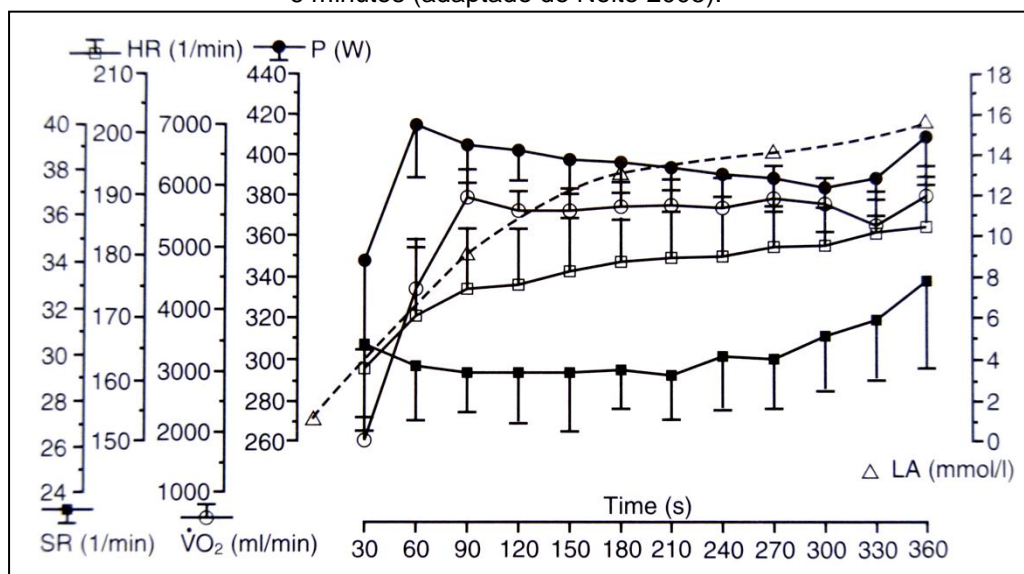


Contrariamente à energia glicolítica, que utiliza exclusivamente os HC, os mecanismos celulares oxidativos que decorrem na mitocôndria permitem a continuação catabólica dos HC, mas também dos ácidos gordos ou lípidos e dos aminoácidos. Como já referido, este sistema depende da presença e utilização de oxigénio no músculo ativo, contando com uma metabolização completa da molécula de glicose seja capaz de produzir de 34 a 36 ATP (figura 2). Embora o processo oxidativo seja eficiente apresenta-se complexo e lento para o perfil de uma regata de remo de 2000m, inevitavelmente será formado e acumulado ácido láctico ao longo da regata proveniente do sistema anaeróbio (Brooks et al, 2000).

A performance está dependente da potência mas também da capacidade dos sistemas de produção de energia. O $\dot{V}O_2$ expressa a potencia máxima aeróbia, que se refere a quantidade máxima de energia que pode ser transformada oxidativamente nas fibras musculares ativas por unidade de tempo. Por outro lado, o limiar anaeróbio expressa a capacidade aeróbia, indicando a energia disponível para o trabalho aeróbio e referindo a capacidade de manter uma determinada intensidade de exercício durante um período prolongado de tempo e com uma baixa concentração sanguínea de lactato (Nolte 2005).

A figura 3 (Nolte, 2005) descreve a performance metabólica de um remador de elite durante um máximo de 6 minutos.

Figura 3: Descrição da performance metabólica de um remador de elite durante um máximo de 6 minutos (adaptado de Nolte 2005).



Durante os primeiros 60 segundos da prova, a potência (P) aumenta até ao seu valor máximo, depois diminui gradualmente até aos 300 segundos, momento em que aumenta com um sprint final de novo final.

O consumo de oxigénio atinge o valor máximo aos 90 segundos e mantém o *plateau* até aos 240 segundos, aproximadamente. O ritmo cardíaco aumenta rapidamente até 180 segundos, verificando-se que continua a aumentar mas de forma gradual até ao máximo. A cadência de remada (SR) é elevada durante o início da prova, embora o registo mais elevado se verifique nos últimos 120 segundos um aumento significativo do número de remadas por minuto. Para terminar, importa referir que a concentração de lactato no sangue era de 8 a 10mmol/L depois dos 90 segundos, 12 a 13mmol/L após os 180 segundos, aproximadamente 14mmol/L ultrapassados os 240 segundos, e 16 a 18mmol/L no fim do esforço (figura 3).

No remo a média dos valores máximos de lactato determinados após uma regata de 2000 metros (entre 5:45min e os 7:00min) estão situados por volta das 16 e as 19 mmol/L (Secher, 1993; Messonnier et al., 1997). A lactatemia máxima está dependente da concentração máxima de lactato que pode ser acumulada nos músculos antes que seja atingido um valor crítico de pH intracelular (Billat, 1996). São registados estes altos valores de lactatemia devido aos elevados gastos energético que os remadores atingem no início da regata provocando elevadas concentrações de lactato (Hagermann, 1984), destacando os processos glicolíticos como uma parte importante no processo de fornecimento de energia durante a regata. Como já referenciado, ocorrendo a depleção de glicogénio durante a regata rapidamente aumenta a produção de ácido láctico, que irá acumulando no sangue. O lactato que se acumula, pode ser removido do sangue pelo miocárdio, medula renal, cérebro e pelo fígado, mas a grande parte é removido pelos músculos esqueléticos. Contudo, essa produção/remoção está dependente do tipo do exercício, intensidade e recuperação, do nível de treino e do tipo das fibras musculares (Koutedakis, 1985). Os remadores de elite, altamente treinados, têm a capacidade de reproduzir níveis altos de performance durante intensidades máximas e submáximas porque criam adaptações nos treinos que aumentam as capacidades de remoção do lactato durante o exercício (Messonnier et al., 1997).

2.3. Testes de laboratório no remo ergómetro

Os atletas de remo são testados para avaliar a sua capacidade individual e detetar mudanças na sua performance. É comum o recurso ao remo ergómetro para verificar as adaptações ao treino (Steinacker, 1993; Mäestu et al., 2005).

Para Steinacker (1993), há a necessidade de determinar as qualidades mais importantes para o desempenho desportivo do remador porque, segundo este autor, é necessário obter dados fisiológicos e metabólicos que permitam a monitorização do processo de treino. Assim os testes fisiológicos a remadores têm três grandes objetivos (Hahn et al., 2000):

- Aceder às características que se acredita serem determinantes para a performance em remo;
- Produzir linhas de referência para a determinação de intensidades de treino apropriadas;
- Assegurar que os remadores estão a cumprir e a adaptar-se aos programas de treino prescritos.

Os valores obtidos no laboratório são usados como reguladores da intensidade do exercício realizado no terreno, embora esta situação seja questionável. (Bourdon, 2000). Por exemplo, (i) a remada no remo ergómetro no laboratório requer a mesma habilidade técnica do que numa embarcação na água? (ii) Como podemos quantificar os fatores ambientais no laboratório, tais como a resistência da água ou do ar e principalmente o equilíbrio dinâmico?

O remo ergómetro tem sido utilizado para avaliar os efeitos do treino na performance dos remadores (Steinacker et al., 1998), sendo concebido para simular a duração, intensidade e frequência. Mas para além da capacidade aeróbia e anaeróbia, a performance no remo depende também da habilidade ou eficiência técnica do remador (Jensen, 1994). Para Bunc e Leso (1994) esta eficiência é expressa pela relação entre a energia despendida e a velocidade do barco, fatores que estão dependentes do nível técnico do remador.

Numa comparação realizada entre o remo na água e remo ergómetro (Shephard et al., 1998) verificaram-se diferenças no movimento realizado pelos membros superiores. Nos movimentos dominantes de pernas e tronco já não se verificaram diferenças, concluindo que os movimentos são idênticos nos dois tipos de actividade.

No entanto importa salientar que vários estudos (Lamb, 1989; Secher, 1992; Kraemer et al., 1994; Shephard, 1998) comparam valores do VO_2 max obtidos no remo ergómetro e em embarcações de competição de remo, concluindo que são semelhantes e não apresentam diferenças significativas. Chenier e Léger (1991) compararam medições do VO_2 max aferidas em diferentes modelos de remo ergómetro (*Concept II* e *Gjessing*) e no terreno (*single-scul*), obtendo valores do VO_2 max válidos e equivalentes nas diferentes situações.

A relação frequência cardíaca e lactato é idêntica em ambas as situações, embora quando testadas na embarcação as concentrações de lactato são mais baixas, principalmente nas zonas do limiar anaeróbio, relativamente a mesma frequência cardíaca. Verifica-se esta situação devido a uma maior eficiência mecânica (Steinacker, 1993).

Por outro lado, Urhausen et al. (1993) também concluíram que para os mesmos níveis de lactatemia e para a mesma duração do esforço, a frequência cardíaca era superior (cerca de 10 batimentos por minuto) quando o era realizado na embarcação (*single-scul*) na água.

O Instituto do Desporto Australiano comparou a frequência cardíaca em determinadas concentrações de lactato em canoístas no laboratório e no terreno. Neste estudo não se verificaram diferenças significativas entre a frequência cardíaca atingida nas diferentes concentrações de lactato, quer nos testes de laboratório, quer nos testes de terreno (Bourdon, 2000).

2.3.1. Vantagens e desvantagens dos testes no remo ergometro

Vantagens dos testes realizados no remo ergometro:

- Os atletas atingem a performance em condições ambientais controladas (eliminação da temperatura ambiental, da velocidade e direção do vento, da resistência da água);
- A aquisição dos dados fisiológicos é mais facilitada e computadorizada;
- Existe uma elevada exatidão no controlo das cargas e do ritmo de cada atleta;
- Avaliação de diversos parâmetros fisiológicos num só teste.

Desvantagens dos testes realizados no remo ergometro:

- Os movimentos dos atletas nos simuladores podem ser questionáveis, colocando em causa a técnica específica utilizada no terreno;
- Menos específicos para a performance nos barcos em equipa, assim como menos práticos para a observação técnica do treinador;
- Geralmente só pode ser testado um atleta de cada vez, devido a limitações de equipamento.

2.4. Determinação do limiar anaeróbio

Atualmente, na fisiologia do desporto são referenciados dois tipos de resposta metabólica ao exercício. Um deles, o regime aeróbio, em que as necessidades energéticas são suprimidas de forma totalmente oxidativa, caracterizada por uma baixa concentração e lactato resultante do equilíbrio entre a produção e eliminação. O outro, um regime anaeróbio, que conduz a acumulação progressiva de lactato e à inevitável fadiga perante a necessidade de suprir as necessidades energéticas elevadas.

No entanto, entre estes dois estados metabólicos, existe um estágio de transição designado de limiar anaeróbio, que corresponde a intensidade máxima de exercício em que se verifica um equilíbrio entre a produção e a remoção de ácido láctico. Basicamente, reflete a intensidade de exercício em que o mínimo incremento de carga provoca a transição do metabolismo puramente oxidativo para o parcialmente anaeróbio. O limiar anaeróbio é um dos parâmetros mais usados, como indicador da capacidade aeróbia assim como é utilizado na prescrição do treino (Svedahl et al., 2003).

A FISA, entidade que regula o remo internacionalmente, promoveu linhas orientadoras de treino que envolvem a prescrição de intensidade de treino de acordo com os níveis de lactato no sangue (Altenburg, 1992). As zonas de treino são descritas, como *utilisation 1* (UT1 – zona de treino que provoca concentrações de lactato entre as 3 e as 4 mmol/L) e *utilisation 2* (UT2 – entre as 2 e as 3 mmol/L).

Atualmente na Equipa Nacional e em alguns clubes de remo portugueses, são usados regularmente testes submáximos como componente de avaliação física dos remadores, à semelhança das equipas internacionais. Normalmente é realizado um teste incremental descontínuo com a recolha de lactato sanguíneo, da potência e da frequência cardíaca. Todos os dados são registados e analisados de forma a identificar o perfil do remador e proceder a prescrição de um treino individualizado.

Contudo, surgem divergências e confusões devido ao elevado número de protocolos e terminologias aplicadas para identificação LAn (quadro 3).

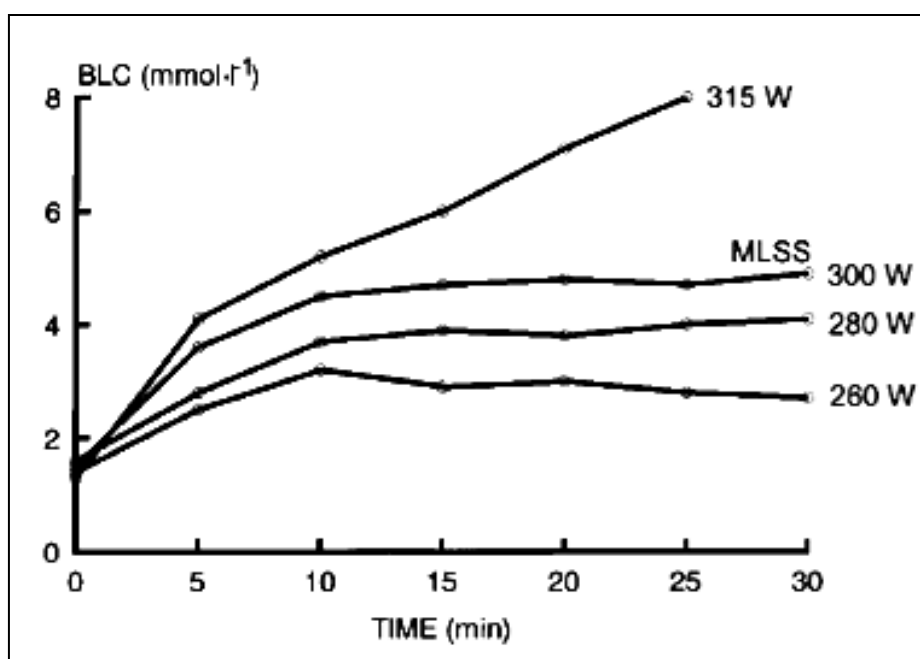
Quadro 3: Representação de diferentes conceitos de limiar anaeróbio segundo diferentes autores (Adaptado de Colaço, 1999; cit. Santos 1995)

<u>Autor</u>	<u>Parâmetro</u>	<u>Método de determinação</u>	<u>Designação</u>
Karrasch e Müller 1951	FC	steady-state máximo da FC	limites da duração da performance
Hollmann 1959	Ve, VO ₂	aumento não linear da Ve	ponto ótimo de eficiência respiratória
Wasserman e McIlroy 1964	VO ₂ , Ve, VCO ₂	aumento não linear da Ve	limiar anaeróbio
Davis et al. 1976	QR (VCO ₂ /VO ₂)	aumento abrupto do QR	limiar anaeróbio
Mader et al. 1976	Lactato	velocidade 4 mmol/L (V4)	limiar aeróbio-anaeróbio
Kindermann et al. 1978	Lactato	carga a 2 e 4 mmol/L	limiar aeróbio e anaeróbio; transição aeróbia-anaeróbia
Keul et al. 1979	Lactato	velocidade na tan=1,26 (51°34')	limiar anaeróbio individual
Sjödin et al. 1979	Lactato	idêntico ao método de Mader	início da acumulação do lactato sanguíneo (OBLA)
Farrel et al. 1979	Lactato	aumento concentração acima valores repouso	início da acumulação do lactato plasmático (OPLA)
Berg et al. 1980	Lactato, VO ₂	mínimo do quociente lactato/VO ₂ relativo	equivalente de lactato ou quociente lactato/VO ₂ relativo
Ivy et al. 1980	Lactato, VO ₂	valores do VO ₂ que antecede a acumulação	limiar láctico
Pessenhofer et al. 1981	Lactato	ruptura do quociente diferencial lactato/tempo	transição aeróbia-anaeróbia individual
Stegmann et al. 1981	Lactato	tangente à curva de performance do lactato	limiar anaeróbio individual
Simon et al. 1981	Lactato	idêntico ao método de Keul, mas com tan=1	limiar anaeróbio individual
Bachl 1981	Ve, VCO ₂	ponto de ruptura da curva VCO ₂ /Ve	limiar de compensação respiratória
Caiozzo et al. 1982	O ₂ (Ve/VCO ₂), CO ₂ (Ve/VCO ₂)	aumento do Eq.O ₂ sem alteração no Eq.CO ₂	limiar anaeróbio
Bunc et al. 1982	Lactato	bissetriz ao ponto de interseção 2tangentes	limiar anaeróbio individual
Beaver et al. 1985	Lactato, VO ₂	aumento abrupto lactato, relação log. lacta./log.VO ₂	limiar anaeróbio
James et al. 1985	Frequência ventilatória	aumento desproporcional da frequência ventilatória	limiar anaeróbio
Sue et al. 1988	VO ₂ , VCO ₂	relação VCO ₂ /VO ₂ ; declive >1	limiar anaeróbio

2.4.1. Máximo estado estável de lactato (MLSS)

Heck et al. (1985) definiram o máximo estado estável de lactato (MLSS) ou também identificado por *max/ass* como a intensidade mais elevada em que se verifica uma variação de lactatemia inferior a 1mmol/L nos últimos 20 minutos de um teste contínuo de 30 minutos com carga constante (figura 4).

Figura 4: Exemplo da determinação da intensidade correspondente ao MLSS no remo ergómetro (Adaptado de Beneke et al., 2000)



A medição apresentada na figura 4 é provavelmente a mais estável e viável (Beneke et al., 2000), no entanto constitui uma avaliação longa porque obriga o atleta a alterar o treino durante esta jornada de testes e também é dispendiosa para o laboratório. Perante esta realidade surge o interesse pela validação de protocolos mais rápidos e práticos.

2.4.2. Concentração fixa de lactato sanguíneo de 4 mmol/L

Dos vários métodos para a determinação do limiar anaeróbio (LAn), destacam-se os que utilizam uma concentração fixa de lactato. Heck et al. (1985) justificaram a utilização da concentração fixa das 4 mmol/L num dos seus estudos realizado com corredores, onde encontraram uma correlação positiva ao comparar as velocidades no limiar anaeróbio (LAn) obtidas em testes incrementais com as velocidades obtidas no teste de máximo estado estável de lactato (MLSS). Os resultados obtidos indicaram que os corredores atingiram valores médios próximos de uma concentração sanguínea de 4mmol/L. Perante estes resultados, este método tornou-se um parâmetro comum na determinação do LAn (Heck et al., 1985, Mader et al., 1986, Baldari et al., 2000), assumindo que o limiar anaeróbio representa a concentração de lactato sanguíneo de 4 mmol/L, que é o valor aproximado onde ocorre um equilíbrio entre o lactato produzido e o lactato removido durante o exercício contínuo.

Embora este método apresente elevadas correlações com a performance aeróbia, existem controvérsias e limitações metodológicas quanto ao ponto onde ocorre o limiar anaeróbio, podendo ocorrer falhas na determinação da intensidade ajustada para a prescrição do treino (Tokmakidis et al., 1998).

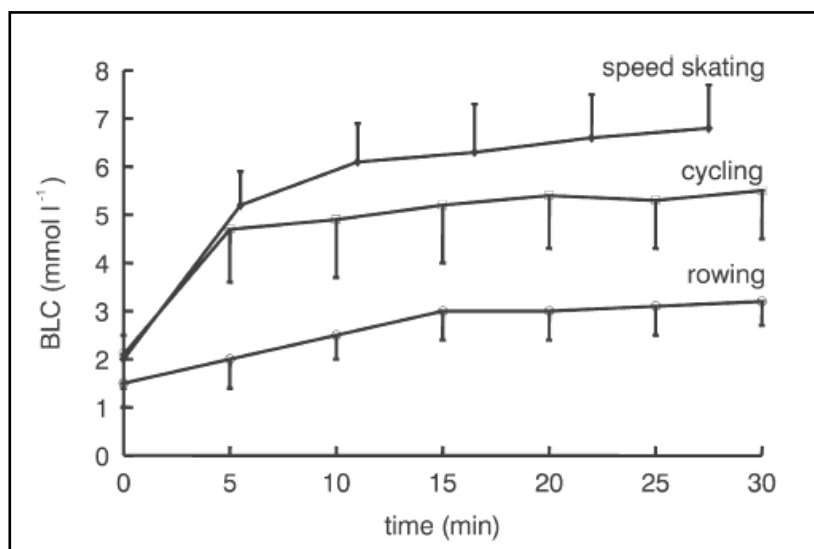
Alguns investigadores assumem que os valores fixos de concentração de lactato podem subestimar ou sobrestimar a capacidade aeróbia dos atletas, uma vez que o valor real pode variar com a idade, anos de treino e a tipologia de treino (Colaço 1999). Por esta razão, surgiram os métodos que permitem a determinação do limiar anaeróbio individual que não assume valores fixos de de concentração de lactato (Stegmann e Kindermann, 1982).

2.4.2.1. Influência da especificidade do exercício na lactatemia

Como já foi referenciado anteriormente, a capacidade aeróbia do atleta pode ser subestimada ou sobrestimada não só pelas características e nível de treino do atleta mas também pela especificidade do exercício em causa. Ralph Beneke, desde 1995, realizou vários estudos com o recurso a este teste de 30 minutos, destacando que o estado máximo de equilíbrio de lactato (MLSS) está dependente da especificidade do exercício realizado pelos atletas.

Beneke e os seus colaboradores (1996) compararam a lactatemia correspondente ao MLSS, obtido em atletas de elite de remo, ciclismo e patinagem de velocidade. Os autores constataram que a lactatemia no remo ergómetro foi de $2,7 \pm 0,6$ mmol/L, no ciclo ergómetro de $5,4 \pm 1,0$ mmol/L e na patinagem registaram-se $6,6 \pm 0,9$ mmol/L. (figura 5)

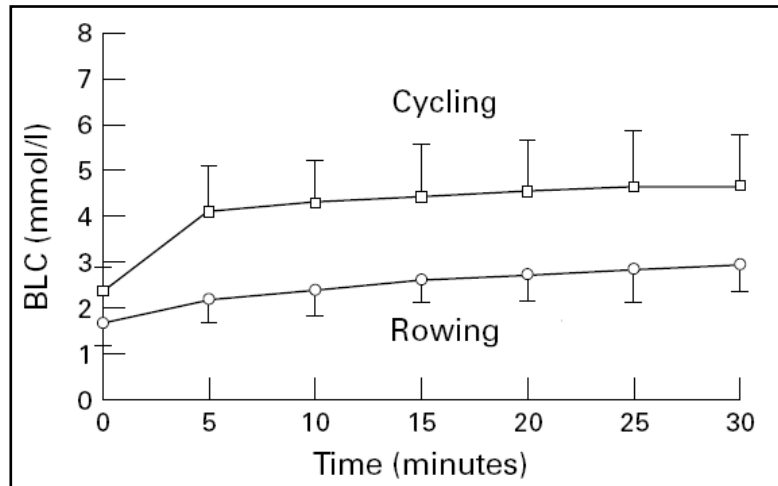
Figura 5: Comparação ($P < 0.05$) entre a concentração sanguínea (BLC) obtida, em atletas de elite de remo, ciclismo e patinagem de velocidade, através do teste de máximo estado estável de lactato (MLSS). (Adaptado de Beneke et al., 1996)



Em 2001, Beneke voltou a realizar outro estudo com remadores juniores em que comparava a concentração sanguínea (BLC) entre testes realizados em remo ergómetro (RE) e ciclo ergómetro (CE). Verificando que a lactatemia era na análise individual inferior no remo ergómetro ($2,7 \pm 0,6$ mmol/L) relativamente ao ciclo ergómetro ($4,5 \pm 1,0$ mmol/L). Justificando os resultados

da diminuição da MLSS com a maior utilização muscular dos principais músculos responsáveis pelo movimento (figura 6).

Figura 6: Comparação do máximo estado estável de lactato (MLSS) realizado em remo ergómetro e ciclo ergómetro (Adaptado de Beneke et al., 2001).



2.4.2.2. Influência da duração dos patamares na lactatemia

Como já referido, no caso de remo nacional e internacional é comum o recurso a um protocolo incremental descontínuo para a determinação da intensidade às 4mmol/L, no qual os incrementos e a duração dos patamares poderão influenciar os resultados finais.

Num estudo realizado em ciclo ergómetro (Chwalbinska-Moneta et al., 1989), os atletas realizaram um teste com a carga inicial de 50W, duração de patamar de 3 minutos e incrementos entre os patamares de 50W. Posteriormente, realizaram outro teste com incrementos de 25W entre os patamares. O estudo revelou que a redução dos incrementos de 50W para 25W não afetou a lactatemia, quer nas intensidades submáximas quer em intensidades máximas. Podemos concluir que a alteração da carga dos incrementos num protocolo não provocou diferenças significativas nos resultados, no entanto já não se poderá afirmar o mesmo quando nos referimos a duração dos incrementos.

No quadro 4, podemos observar estudos recentes que analisaram a relação entre o limiar anaeróbio às 4 mmol/L (LAn4) e o máximo estado estável de lactato (MLSS).

Heck et al. (1985) realizaram um estudo com ciclistas e outro com corredores; em ambos, encontraram uma forte correlação entre o LAn4 e o MLSS. Contudo, observaram que o LAn4 era mais elevado do que a MLSS quando eram utilizados patamares com duração de 3 minutos, o mesmo já não se verificou quando recorriam a patamares de 5 minutos. Por esta razão há alguns autores que concluíram que o LAn4 apresenta um valor estimativo do MLSS quando são utilizados patamares de 5 minutos (cit. Faude et al., 2009).

Jones e Doust (1998) também encontraram uma elevada correlação entre o LAn4 e o MLSS num grupo homogéneo de corredores de elite, no entanto recorreram novamente a patamares com 3 minutos.

Quadro 4: Comparação do limiar anaeróbio às 4mmol/L com o máximo estado estável de lactato (MLSS), segundo diversos autores (Adaptado de Faude et al., 2009).

<u>Autor</u>	<u>Amostra</u>	<u>Lan4 / MLSS</u> (valores médios)	<u>Duração</u> <u>Patamar</u>
Heck et al. 1985	corredores	correlação alta (r = 0,98) Lan4 > 0,12m/s do que MLSS	3min
Heck 1991	ciclistas	correlação significativa (r = 0,92) LAn4 > 19,9W do que MLSS	3min
Jones and Doust 1998	corredores	correlação alta (r = 0,93) LAn4 > 0,4km/h do que MLSS	3 min
Schuylenbergh et al. 2004	ciclistas	correlação baixa (r = 0,71) MLSS > 15W do que Lan4	6 min
Beneke 1995	remadores	correlação significativa (r = 0,82) Lan4 > 32W do que MLSS	3 min
Lajoie et al. 2000	ciclistas	inexistência de diferenças Lan4 = 282W / MLSS = 277W	8min

Contrariamente, Schuylenbergh et al. (2004) recorrendo a uma amostra de ciclistas de elite e Beneke (1995) a um grupo de remadores, relataram uma baixa correlação nos resultados. O LAn4 e o MLSS não diferenciaram significativamente, mesmo com o recurso a patamares de 6 minutos no estudo de Schuylenbergh et al. (2004), em que não se verificaram diferenças significativas entre o LAn4 e o MLSS. Contudo o LAn4 foi mais elevado no estudo do Beneke (1995) que utilizou patamares de 3 minutos.

Lajoie et al. (2000) recorreram a patamares de 8 minutos com incrementos de 30W para definir o LAn4 num grupo de ciclistas, concluindo o protocolo que seria apropriado para definir o MLSS, uma vez que não se verificaram diferenças significativas na potência entre as duas variáveis (quadro 4)

Objetivos

3. Objetivos

3.1. Objetivo geral

Determinar o protocolo cuja duração dos patamares ($_{pat}3'$, $_{pat}5'$ ou $_{pat}7'$) nos permita estabelecer qual a intensidade de trabalho a que se encontra o ponto de perda do equilíbrio da lactatemia, ou seja a intensidade às 4mmol/L (LAn4), relacionando-a com a registada no teste de máximo estado estável de lactato (MLSS).

- Verificar a correlação entre o MLSS e o LAn4 registada no $_{pat}3'$;
- Verificar a correlação entre o MLSS e o LAn4 registada no $_{pat}5'$;
- Verificar a correlação entre o MLSS e o LAn4 registada no $_{pat}7'$.

3.2. Objetivos específicos

- Determinar a concentração de lactato sanguíneo no MLSS em remo ergometro;
- Relacionar a intensidade média registada na performance máxima 2km em remo ergometro com o MLSS;
- Analisar a frequência cardíaca (FC) registada no LAn4 nos diferentes patamares do protocolo de carga incremental, verificando se existem diferenças significativas entre as mesmas.

Material e métodos

4. Material e métodos

4.1. Caracterização da amostra

A amostra foi formada por 10 remadores portugueses de elite, com idades compreendidas entre os 19 e os 32 anos ($25,1 \pm 4,82$ anos). Todos os atletas pertencem à categoria de seniores pesos ligeiros, possuindo uma vasta experiência na modalidade ($10 \pm 4,99$ anos de prática), representando a equipa nacional em Campeonatos do Mundo ($n=8$) e Jogos Olímpicos ($n=2$).

4.2. Material utilizado

Para a determinação da massa corporal e altura dos remadores foi utilizada uma balança da marca *Tanita* modelo *InnerScan BCM* (*Tanita*, Japão) com a precisão de 0,1Kg e uma fita métrica graduada em centímetros (cm). As pregas cutâneas foram medidas com o recurso ao plissómetro (*Skinfold Caliper*) marca *Lange* com uma pressão de 10 gr/mm^2 .

Todos os testes foram realizados no remo ergómetro da marca *Concept2* Modelo *PM3* (*Concept2*, Inglaterra) ajustado a um *drag130* (Nolte, 2005), valor que simula a resistência da embarcação.

A análise da lactatemia foi realizada com o recurso ao analisador de lactato sanguíneo da marca *LactatePro* (*Arkray*, Japão) respetivas fitas reativas de lactato.

O registo da frequência cardíaca foi realizado em intervalos de 5 segundos através de 2 cardio-frequencímetros da marca *Polar*, um deles modelo *S610i* e o outro *RS800cx* (*Polar Electro*, Finlândia).

4.3. Procedimentos experimentais

Os procedimentos experimentais na realização dos testes foram previamente apresentados aos remadores, no entanto todos eles já estavam familiarizados com os procedimentos invasivos utilizados, porque recorrem a técnicas idênticas na sua preparação competitiva. Todos os atletas, após terem sido elucidados de todos os procedimentos e eventuais riscos deram consentimento escrito. O estudo foi aprovado pelo Comité de Ética do Conselho Científico da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Todos os treinadores dos atletas foram informados antecipadamente dos procedimentos e da importância da programação do treino antes e durante os testes, foi pedido aos mesmos que optassem por uma programação antecedente que respeitasse as condições para a obtenção da melhor performance no teste de 2000m, evitando esforços elevados e privilegiando a alimentação e hidratação. O intervalo entre os testes foi no mínimo de 48 horas, neste período foi pedido aos atletas para realizarem sessões de treino de recuperação e baixa intensidade.

No 1º dia de testes, procedeu-se a avaliação antropométrica e a avaliação da performance máxima durante 2000m. Nos dias seguintes, após a recuperação mínima exigida, foram realizados os vários testes até à determinação da potência no máximo estado estável de lactato (MLSS). Por fim foram realizados os protocolos incrementais para definir a potência aplicada perante a concentração lactatemia de 4mmol/L.

4.3.1. Determinação da lactatemia

Para a determinação da lactatemia, realizaram-se recolhas de sangue capilar de um lóbulo da orelha (Dassonville et al., 1998) durante um intervalo máximo de 45 segundos (Kass et al., 2009) imediatamente após a finalização de cada patamar.

4.3.2. Determinação da performance máxima durante 2km “all-out”

Após 15 minutos de ativação em baixa intensidade, os atletas realizaram o teste “all-out” de 2000metros em remo ergómetro. No final do teste foi registada a intensidade média e a frequência cardíaca máxima obtida na performance máxima.

4.3.3. Determinação do máximo estado estável de lactato (MLSS)

O máximo estado estável de lactato foi determinado de acordo com a metodologia adotada por Beneke (1995). O teste consiste em determinar a intensidade máxima em que a concentração de lactato não aumenta mais do que 1mmol/L durante os 20minutos finais dos 30minutos do teste contínuo de carga constante.

Ao 10^o, 15^o, 20^o, 25^o e 30^o minuto, foi analisado o lactato e a registada a frequência cardíaca. Quando o teste era válido, procedia-se ao cálculo da média das concentrações de lactato e da frequência cardíaca obtida entre 10^o e 30^o minuto.

A carga constante inicial foi de 60% da potência obtida na performance máxima “all-out” 2000m, aplicando-se incrementos \geq a 2,5% durante vários momentos (3 a 5 dias) até que o estado estável fosse atingindo.

4.3.4. Determinação do limiar anaeróbio (LAn)

Foram realizados 3 testes incrementais com a diferente duração por patamar, um protocolo de 3 minutos, outro de 5 minutos e ainda outro de 7 minutos. Todos os protocolos foram seleccionados de forma aleatória com intervalo de 48 horas.

A carga inicial foi de 60% da potência obtida na performance máxima “all-out” 2000m, aplicando-se incrementos de 5% até os atletas atingirem concentrações superiores as 6mmol/L de lactato sanguíneo.

A intensidade da remada e a frequência cardíaca correspondentes ao limiar anaeróbio foram determinadas recorrendo a concentração fixa de 4mmol/L de lactato sanguíneo, através da interpolação linear.

4.4. Procedimentos estatísticos

Todos os cálculos foram efetuados no SPSS 19.0.

O nível de significância estatístico adotado foi de 5% ($p \leq 0.05$).

A análise exploratória de dados incidiu sobre a média (M), o desvio-padrão (DP), valores mínimo (Mín) e máximo (Máx). A dispersão, para além da informação produzida pelo desvio-padrão, foi ainda, apreciada pelo coeficiente de variação $[(CV=DP/M)*100]^1$.

A comparação simultânea entre os três patamares de esforço (W) foi realizada pela ANOVA de Friedman. Na existência de diferenças estatisticamente significativas, utilizou-se o *post-hoc* de Bonferroni.

O estudo da correlação foi efetuado pelo coeficiente de correlação de Spearman. A interpretação da magnitude da correlação foi efetuada pelo intervalo de correlação de Pestana & Gageiro (2005)².

¹ $CV \leq 15 \Rightarrow$ fraca dispersão
 $15 < CV \leq 30 \Rightarrow$ dispersão média
 $CV > 30 \Rightarrow$ elevada dispersão

² Pestana & Gageiro (2005):
 $\leq 0,19$ Muito Fraca
0,20 a 0,39 Fraca
0,40 a 0,69 Moderada
0,70 a 0,89 Forte
0,90 a 1,0 Muito Forte

Apresentação dos resultados

5. Apresentação dos resultados

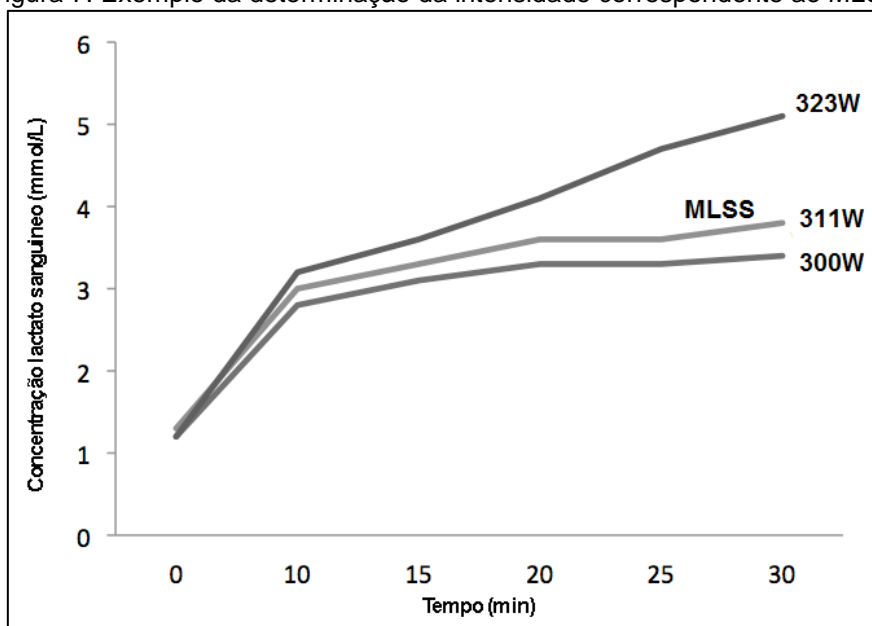
No quadro 5 estão apresentados os valores descritivos da amostra, no que se refere à média, desvio-padrão e valores mínimo e máximo das medidas antropométricas. De uma forma geral, a amostra, no que concerne às medidas fisiológicas e do esforço, apresenta baixa dispersão ($CV < 15$).

Quadro 5: Média, desvio-padrão, valores mínimos e máximos das medidas antropométricas.

	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	25,1	4,82	19,0	32,0
Estatura (cm)	177,5	5,50	170,0	188,0
Peso (kg)	69,8	2,74	65,1	72,8
Massa Gorda (%)	9,7	2,07	7,1	12,5
Massa Magra (kg)	63,0	2,84	58,5	67,0

Na figura 7 está representada a sequência de testes que um dos atletas realizou ao longo de vários dias para determinar o máximo estado estável de lactato. Neste caso, podemos observar que foram necessários 3 testes de 30 minutos para a determinação do MLSS, à semelhança da restante amostra, que necessitou de 3 a 5 testes.

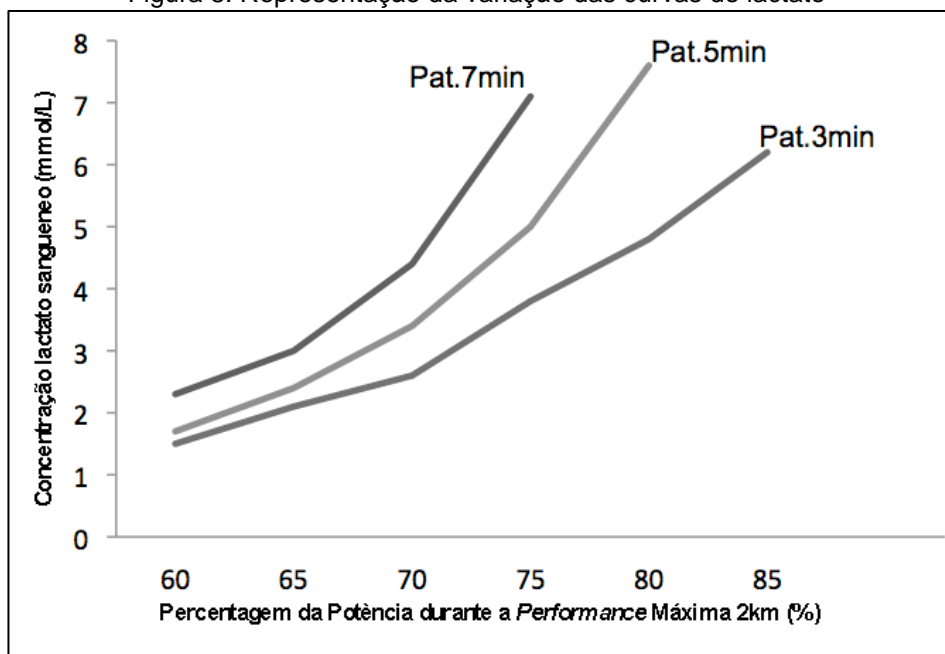
Figura 7: Exemplo da determinação da intensidade correspondente ao MLSS



A figura 8 demonstra a variação das curvas de lactato nos diferentes protocolos realizados por um dos atletas para a obtenção do limiar anaeróbio.

Analisando todos os atletas podemos observar que a maioria, durante o protocolo com patamares de 7 minutos, não abordou os 80% e 85% da potência correspondente à performance máxima.

Figura 8: Representação da variação das curvas de lactato



No quadro 6 estão representados os valores médios, desvio-padrão, valores mínimos e máximos da intensidade no máximo estado estável de lactato (MLSS) e da intensidade às 4mmol/L (LAN4) durante a realização os diferentes protocolos incrementais. ($pat_{3'}$, $pat_{5'}$ e $pat_{7'}$)

Pela análise dos resultados, podemos observar que o limiar anaeróbio às 4mmol/L obtido através do protocolo com patamares de 7 minutos ($251,5 \pm 35,72W$) é o mais próximo do máximo estado estável de lactato ($246,5 \pm 35,20W$).

Quadro 6: Média e desvio-padrão da MLSS, LAN4 pat 3min, LAN4 pat 5min e LAN4 pat 7min(W)

	MLSS	LAN4 pat 3min	LAN4 pat 5min	LAN4 pat 7min
Média	246,5	277,3	259,5	251,5
Desvio-padrão	35,20	43,09	41,30	35,72

O principal objectivo é determinar o protocolo cuja duração dos patamares ($pat_{3'}$, $pat_{5'}$ ou $pat_{7'}$) nos permita estabelecer qual a intensidade de trabalho a que se encontra o ponto de perda do equilíbrio da lactatemia, ou seja a intensidade às 4mmol/L (LAN4), relacionando-a com a registada no teste de máximo estado estável de lactato (MLSS).

Nas figuras 9, 10 e 11 estão apresentadas as correlações entre os valores da intensidade correspondente ao máximo estado estável de lactato (MLSS) e os valores da intensidade correspondente às 4mmol/L (LAN4).

Figura 9: Correlações entre MLSS e LAN4 obtida nos patamares de 3 minutos

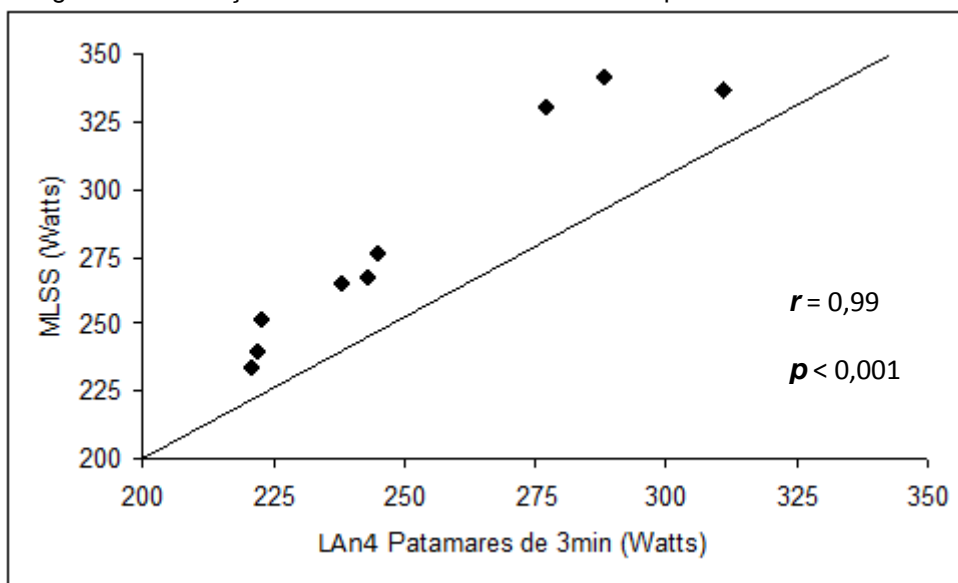


Figura 10: Correlações entre MLSS e LAN4 obtida nos patamares de 5 minutos

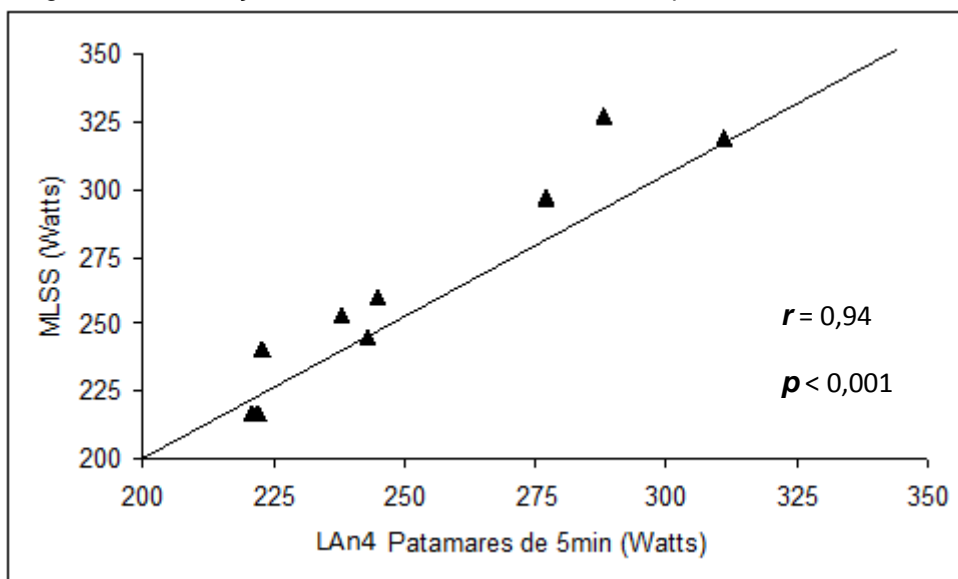
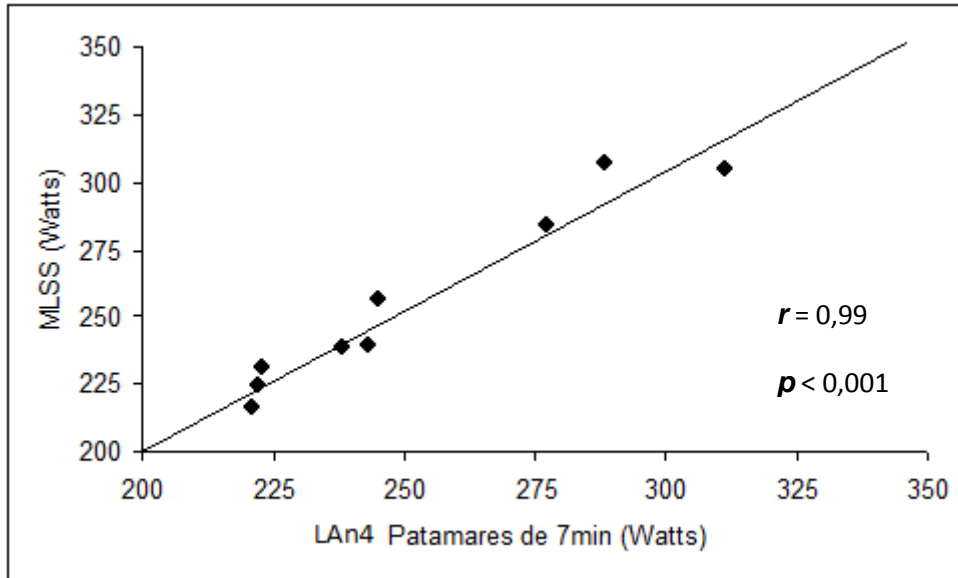


Figura 11: Correlações entre MLSS e LAn4 obtida nos patamares de 7 minutos



Pelo quadro 7 observa-se que a correlação entre a MLSS com a LAn4 nos diferentes patamares de esforço é de muito forte magnitude ($r > 0,90$), positiva, o que significa que ao aumento de uma variável corresponde o aumento da outra, e estatisticamente significativa ($p < 0,001$), levando a acreditar que o resultado obtido com uma amostra é susceptível de ocorrer, em idêntica magnitude, na população de remadores de elite.

Quadro 7: Correlação entre a MLSS com a LAn4 nos diferentes patamares de esforço.

	<i>r</i>	<i>p</i>
MLSS versus LAn4 pat 3min	0,99	<0,001
MLSS versus LAn4 pat 5min	0,94	<0,001
MLSS versus LAn4 pat 7min	0,99	<0,001

Pelo quadro 8 observa-se que a comparação simultânea, pela ANOVA de Friedman, entre os três patamares de esforço da LAn4, originou a existência de diferenças estatisticamente significativas ($\chi^2 = 17,897$; $p < 0,001$).

Quadro 8: Mean Rank e ANOVA de Friedman na comparação simultânea entre os três momentos de registo da LAn4.

	Mean Rank	χ^2	<i>p</i>
LAn4 pat 3min (W)	3,00		
LAn4 pat 5min (W)	1,85	17,897	<0,001
LAn4 pat 7min (W)	1,15		

Pelo quadro 9, referente ao *post-hoc* de Bonferroni, verifica-se que as diferenças estatisticamente significativas, indicadas pela tabela anterior, ocorrem entre LAn4 pat 3min (W) *versus* LAn4 pat 5min (W) ($p=0,005$) e LAn4 pat 3min (W) *versus* LAn4 pat 7min (W), nos dois casos devido à classificação média (*mean rank*) mais elevado da LAn4 pat 3min (W). De salientar que entre LAn4 pat 5min (W) *versus* LAn4 pat 7min (W) não se registam diferenças significativas, o que mostra a homogeneidade da amostra nestes patamares de esforço.

Quadro 9: *post-hoc* de Bonferroni.

	<i>p</i>
LAn4 pat 3min (W) <i>versus</i> LAn4 pat 5min (W)	0,005
LAn4 pat 3min (W) <i>versus</i> LAn4 pat 7min (W)	0,005
LAn4 pat 5min (W) <i>versus</i> LAn4 pat 7min (W)	ns

ns – não significativo ($p>0,05$).

Um dos objectivos secundários propostos foi determinar a produção de lactato sanguíneo correspondente ao máximo estado estável em remo ergómetro.

Analisando o quadro 10, conclui-se que a média da produção de lactato é de 3,7mmol/L com um desvio padrão de 0,82mmol/L.

Quadro 10: Média, desvio-padrão, valores mínimos e máximos da produção de lactato no MLSS

	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Lactato (mmol/L)	3,7	0,82	3,0	5,7

Outro dos objectivos foi relacionar a intensidade média registada na *performance* máxima 2km em remo ergómetro (Pmax) com a intensidade obtida no máximo estado estável de lactato (MLSS).

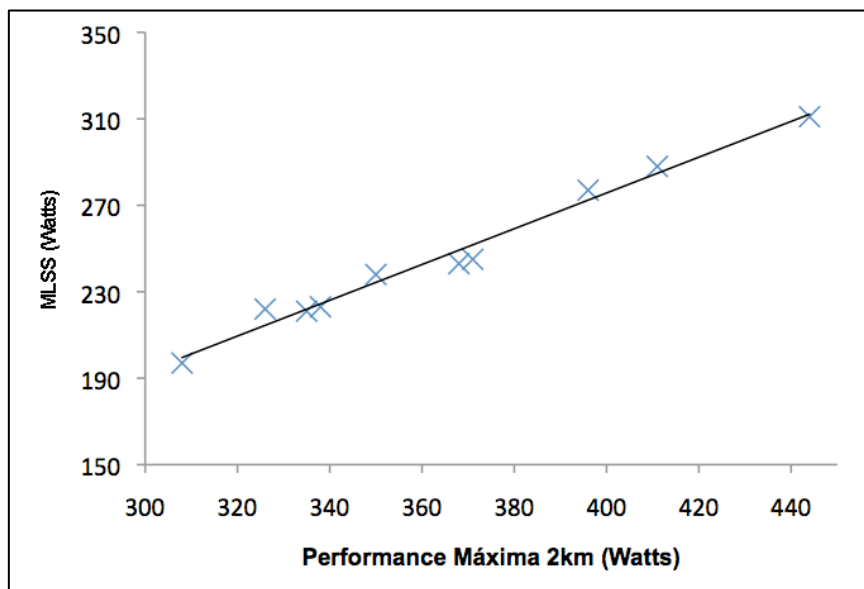
Pelo quadro 11 observa-se que a correlação entre a MLSS *versus* Pmax (W) é de muito forte magnitude, positiva e estatisticamente significativa ($r=0,99$; $p<0,001$), indiciador da elevada probabilidade de ocorrer na população de atletas de elite, praticantes de remo.

Quadro 11: Correlação entre MLSS com a Pmax (W).

	<i>r</i>	<i>p</i>
MLSS <i>versus</i> Pmax (W)	0,99	<0,001

Analisando a figura 12, podemos verificar que quanto maior a intensidade obtida no MLSS, maior é a intensidade registada durante a performance máxima 2km.

Figura 12: Correlação entre MLSS com a Pmax



Por último foi proposto analisar a frequência cardíaca (FC) registada na LAn4 nos diferentes patamares do protocolo de carga incremental.

No quadro 12 estão apresentados os valores médios, desvio-padrão, valores mínimos e máximos da frequência cardíaca registada às 4mmol/L durante a realização os diferentes protocolos incrementais.

Quadro 12: Média, desvio-padrão, valores mínimos e máximos da frequência cardíaca

	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
FC pat 3min (bpm)	170,0	5,68	163,0	179,0
FC pat 5min (bpm)	168,4	5,06	161,0	177,0
FC pat 7min (bpm)	169,0	5,89	159,0	180,0

Pelo quadro 13 observa-se que a comparação simultânea, pela ANOVA de Friedman, entre as frequências cardíacas obtidas em cada patamar de esforço, originou a inexistência de diferenças estatisticamente significativas ($\chi^2=2,513$; $p=0,285$), o que é revelador da estabilidade da frequência cardíaca à medida que o esforço se vai intensificando no tempo.

Quadro 13: *Mean Rank* e ANOVA de Friedman na comparação simultânea entre os três momentos de registo da frequência cardíaca.

	<i>Mean Rank</i>	χ^2	<i>p</i>
FC pat 3min (bpm)	2,40		
FC pat 5min (bpm)	1,85	2,513	0,285
FC pat 7min (bpm)	1,75		

Discussão dos resultados

6. Discussão dos resultados

Apesar do trabalho de investigação realizado ao longo das últimas décadas, continua a existir controvérsia nos protocolos utilizados para a determinação do limiar anaeróbio. No remo nacional e internacional é comum o recurso a um protocolo incremental descontínuo para a determinação da intensidade às 4mmol/L, no qual os incrementos e a duração dos patamares poderão influenciar os resultados finais.

Para a determinação do limiar anaeróbio utilizam-se protocolos, em remo ergómetro, com patamares de diferente duração. Por exemplo, são conhecidos patamares com 3 ($_{pat}3'$), 5 ($_{pat}5'$) e 7 ($_{pat}7'$) minutos de duração.

Perante esta realidade, prepussemo-nos determinar o protocolo cuja duração dos patamares ($_{pat}3'$, $_{pat}5'$ ou $_{pat}7'$) nos permita estabelecer qual a intensidade de trabalho a que se encontra o ponto de perda do equilíbrio da lactatemia, ou seja a intensidade às 4mmol/L (LAN4), relacionando-a com a registada no teste de máximo estado estável de lactato (MLSS).

Analisando o quadro 7, verificamos a correlação entre o MLSS com o LAN4 obtida com os diferentes patamares de esforço. Verifica-se uma forte e muito significativa ($p < 0,001$) correlação ($r > 0,90$) entre todos os patamares e o MLSS (quadro 7).

Perante estes valores podemos afirmar que o resultado ocorrido nesta amostra é suscetível de ocorrer, em idêntica magnitude, na população de remadores de elite.

Embora a correlação entre os vários patamares e o MLSS seja muito elevada e significativa, quando relacionamos o MLSS com a intensidade de trabalho às 4mmol em cada patamar, verificamos algumas diferenças (quadro 6).

É importante destacar que no desporto de alto rendimento nem sempre os resultados obtidos pelas estatísticas convencionais utilizadas nas áreas da saúde refletem corretamente uma resposta fisiológica, em especial quando se tratam de parâmetros de avaliação ou previsão da performance. No entanto, não surgem dúvidas quanto ao tratamento dos resultados, neste caso não será

possível recorrer a fórmulas estatísticas porque a especificidade das variáveis assim não o permite. Perante esta realidade, poderemos apenas realizar uma comparação direta entre as médias obtidas nos diferentes momentos de avaliação (quadro 6), concluindo que em todos os patamares se registou uma intensidade mais elevada do que a intensidade no máximo estado estável de lactato.

Pela análise dos resultados, podemos observar que a intensidade ao limiar anaeróbio das 4mmol/L obtido através do protocolo com patamares de 7 minutos ($251,5 \pm 35,72W$) é o mais próximo do máximo estado estável de lactato ($246,5 \pm 35,20W$), uma diferença de 5W que contraste com uma elevada diferença de 31W obtida no patamar de 3 minutos.

A validação de um patamar que nos indique a intensidade mais aproximada do MLSS é de extrema importância para a correta prescrição do treino, principalmente em remadores pesos ligeiros. Esta importância é reforçada por vários autores que referem que a potência máxima, o limiar anaeróbio e a massa magra são as características fisiológicas que permitem a distinção entre o sucesso e insucesso dos competidores (Gayer et al.,1994; Shephard et al.,1998). Esta conclusão indica a importância do limiar anaeróbio, principalmente em remadores pesos ligeiros, porque desvaloriza de certa forma a potência máxima e a massa magra pelo facto de os valores serem idênticos.

Segundo vários autores (Urhausen et al.,1993; Beneke et al.,2003), um método válido para a determinação do limiar anaeróbio (LAn) será o teste de máximo estado estável de lactato (MLSS), no entanto apesar de ser o mais indicado para a avaliação da capacidade de resistência de um atleta (Billat et al.,1996), o teste é longo e dispendioso, para além do desgaste do atleta por vezes também é necessário alterar o planeamento de treino durante vários dias. Perante esta realidade é comum recorrer aos testes incrementais para determinação do LAn, a partir de concentrações fixas de lactato. Estes testes, além de mais rápidos e económicos, podem ser realizados em qualquer período de treino sem criar alterações de relevo na programação do treino.

Há diversos estudos (quadro 4) que comparam a relação entre o limiar anaeróbio às 4 mmol/L (LAn4) e o máximo estado estável de lactato (MLSS).

Quadro 4: Comparação do limiar anaeróbio às 4mmol/L (LAn4) com o máximo estado estável de lactato (MLSS), segundo diversos autores (Adaptado de Faude et al., 2009).

<u>Autor</u>	<u>Amostra</u>	<u>LAn4 / MLSS</u> (valores médios)	<u>Duração Patamar</u>
Heck et al. 1985	corredores	correlação alta (r = 0,98) LAn4 > 0,12m/s do que MLSS	3min
Heck 1991	ciclistas	correlação significativa (r = 0,92) LAn4 > 19,9W do que MLSS	3min
Jones and Doust 1998	corredores	correlação alta (r = 0,93) LAn4 > 0,4km/h do que MLSS	3min
Schuylenbergh et al. 2004	ciclistas	correlação baixa (r = 0,71) MLSS > 15W do que LAn4	6min
Beneke 1995	remadores	correlação significativa (r = 0,82) Lan4 > 32W do que MLSS	3min
Lajoie et al. 2000	ciclistas	inexistência de diferenças LAn4 = 282W / MLSS = 277W	8min

Para além de constatar uma correlação significativamente alta entre o LAn4 e o MLSS em grande parte dos estudos, com a exceção do realizado por Schuylenbergh et al. (2004), verifica-se que a potência às 4mmol/L é mais elevada do que no teste de MLSS. No entanto, importa salientar que nestes estudos foram aplicadas diferentes metodologias, em particular na carga dos incrementos.

Perante as diferentes metodologias utilizadas nos estudos, resta-nos analisá-los de forma isolada. Heck et al. (1985;1991), encontraram uma forte correlação (r = 0,98) entre o Lan4 e o MLSS durante a corrida e o ciclismo. Adicionalmente, observaram que a velocidade e a potência correspondente ao LAn4 era superior ao MLSS. Contudo é importante referir que esta diferença entre a potência apenas se verificava quando recorriam a protocolos incrementais com patamares de duração de 3 minutos, no entanto quando

recorriam a patamares de 5 minutos já não se verificavam as mesmas diferenças (Heck et al.,1985).

Dos estudos referenciados no quadro 4, é importante analisar os resultados obtidos por Beneke (1995) pela especificidade da amostra, visto se trata de remadores. Este autor recorreu a patamares de 3 minutos para a determinação do LAn4, obtendo uma potência, em média, 32W mais elevada do que no teste de MLSS. À semelhança do estudo do Beneke (1995), também nos nossos resultados foi registada uma diferença de 31W entre o LAn4 e o MLSS quando recorremos a patamares de 3 minutos, evidenciando uma elevada valorização da potência às 4mmol/L.

De forma geral, os estudos apresentados no quadro 4, independentemente do tempo dos patamares, as intensidades do LAn4 superestimaram o MLSS. Este resultado pode ocorrer devido a utilização da concentração fixa de 4mmol, uma vez que há estudos que comparam diferentes métodos para a determinação do LAn. De salientar os testes realizados em ciclistas (Cheng et al., 1992) e em corredores (Nicholson et al., 2001), relatando que as intensidades obtidas através do método de concentração fixa das 4mmol/L foram superiores comparando com os restante métodos aplicados, superestimando assim o LAn. Perante esta situação, Figueira et al. (2004) sugeriram a utilização da concentração fixa de 3,5mmol de lactato sanguíneo para determinação do LAn, justificando esta escolha devido recurso a protocolos incrementais com patamares de apenas 3 minutos, de forma a estimar corretamente a intensidade ao LAn.

Em suma, podemos concluir que a literatura é divergente tanto na nomenclatura, como nos métodos para a determinação do LAn.

Na tentativa de definir o protocolo com o patamar mais válido, procedemos a comparação entre as potências no LAn4 obtidas através nos três diferentes patamares e o MLSS. Analisando o quadro 9, referente ao *post-hoc* de Bonferroni, verifica-se que as diferenças estatisticamente significativas ocorrem entre LAn4 pat 3min (W) *versus* LAn4 pat 5min (W) ($p=0,005$) e LAn4 pat 3min (W) *versus* LAn4 pat 7min (W), nos dois casos devido à classificação média (*mean rank*) mais elevado da LAn4 pat 3min (W). De salientar que entre Lan4 pat 5min (W) *versus* LAn4 pat 7min (W) não se registam diferenças

significativas, o que mostra a homogeneidade da amostra nestes patamares de esforço.

Perante os resultados, o protocolo que recorre aos patamares de 3 minutos não é representativo da mesma concentração láctica obtida no teste MLSS, apresentando a diferença de 31W obtida entre a intensidade LAn4 e MLSS. Esta conclusão vem contrariar uma grande parte dos laboratórios de fisiologia que recorrem a protocolos com patamares de duração entre 3 e 5 minutos para testar o LAn. Estes patamares até serão considerados adequados para medições da capacidade ventilatória e da evolução da frequência cardíaca, mas segundo Bourdon (2000), a duração não será adequada quando o objetivo passa por determinar a intensidade do exercício correspondente ao LAn. Geralmente os testes para a determinação do lactato requerem patamares mais longos do que para os testes ao limiar ventilatório, esta necessidade surge em parte devido as diferenças entre o lactato no músculo e o sangue. O lactato sanguíneo é sempre menor do que o lactato no músculo, por este motivo quando recorremos a patamares com uma duração inferior a 4 minutos poderá ocorrer a subestimação do grau de acidose láctica muscular (Green et al., 1983; Jacobs, 1986). Foster et al. (1993) acrescentam que o lactato sanguíneo pode indicar a acidose láctica intramuscular, mas para que o lactato sanguíneo corresponda à concentração máxima de lactato intramuscular, é necessário um certo tempo pois a difusão de lactato músculo-sangue não é imediata.

Os nossos resultados não apresentam diferenças significativas entre os patamares de 5 e 7 minutos, contudo se recorrermos a comparação entre as médias podemos verificar que o limiar anaeróbio às 4mmol/L obtido através do protocolo com patamares de 7 minutos ($251,5 \pm 35,72W$) é o que está mais próximo do máximo estado estável de lactato ($246,5 \pm 35,20W$).

Vários fatores indicam a aplicação de patamares de 7 minutos como sendo o mais válido. Embora a diferença entre o MLSS e o LAn com patamares de 7 minutos seja de 5W e do de 5 minutos seja somente 9W, ao nível da alta competição todos os pormenores contam e, este, é um pormenor com elevada importância já que pequenas diferenças fisiológicas podem corresponder a grandes alterações no planeamento e controlo de treino.

Outra controvérsia que surge na literatura é a utilização de uma concentração fixa de lactato às 4mmol/L. Por este motivo foi proposto como objetivo específico a determinação da produção de lactato sanguíneo correspondente ao máximo estado estável em remo ergómetro.

Analisando o quadro 10, conclui-se que a média da produção de lactato é de 3,7mmol/L com um desvio padrão de 0,82mmol/L.

Colaço (1999), refere que a utilização de um valor fixo de 4mmol/l de lactato como o correspondendo ao limiar anaeróbio, deverá ser encarado com reservas, visto que o valor do LAn pode variar com a idade (Santos e Ascensão 1999), anos de treinos (Williams, 1997), volume de treino (Dennis et al.1992) e com o tipo de treino (Ballesteros, 1990).

Segundo Bourdon (2000), na tentativa de determinar o limiar anaeróbio em remadores, valores fixos de concentrações sanguíneas de lactato tem sido utilizados, desde 2,0mmol/L (Kindermann et al., 1979), 2,5mmol/L (Foster et al., 1995), 3,0mmol/L (Borch et al., 1993) e 4,0mmol/L (Mader et al., 1976; Heck et al., 1986).

Beneke e Duillard (1996), realizaram um estudo com remadores, ciclistas e patinadores de velocidade em que testavam a concentração de lactato no MLSS. Os autores constataram que a lactatemia no remo ergómetro foi de $2,7 \pm 0,6$ mmol/L, no ciclo ergómetro de $5,4 \pm 1,0$ mmol/L e na patinagem registaram-se $6,6 \pm 0,9$ mmol/L.

Mais recentemente, Beneke et al. (2001) realizaram um estudo com atletas juniores de remo, em que testaram MLSS em dois ergómetros distintos – remo ergómetro e ciclo ergómetro, obtendo valores de concentração sanguínea de $2,7 \pm 0,6$ mmol/L no exercício em remo ergómetro e de $4,5 \pm 1,0$ mmol/L no ciclo ergómetro. Em ambos os estudos, a diferenças entre os valores foi justificada pela especificidade do exercício, atribuindo a causa à massa muscular envolvida no movimento. É de salientar alguma conflitualidade de resultados já que numa amostra de remadores juniores, o aumento do número amostral pode alterar significativamente os resultados. Assim, quando Beneke et al. (2001) apresenta para os remadores, em remo ergómetro, os valores acima indicados, num outro estudo, o mesmo autor (Beneke, 2003) apresenta valores

de MLSS de $3,4 \pm 1,0$ mmol/L, facto que pode estar relacionado com o aumento do número amostral e que eventualmente poderá corresponder à introdução de remadores com diferente nível performativo no estudo mais recente.

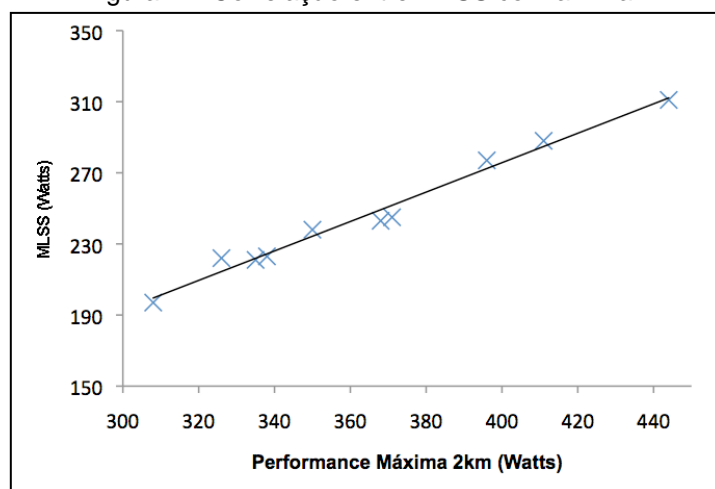
A nossa amostra, constituída por remadores de elite pesos ligeiros, apresenta uma média da produção de lactato de 3,7mmol/L, valores mais próximos das 4mmol/L comparativamente com outros autores. A evidente conflitualidade de resultados entre os vários estudos alerta-nos para a necessidade de não extrapolar para a nossa realidade desportiva os dados obtidos em diferentes populações.

Outro dos objetivos pretendeu relacionar a intensidade média registada na performance máxima 2km (Pmax) com a intensidade obtida no máximo estado estável de lactato (MLSS).

No quadro 11 observa-se que a correlação entre a MLSS *versus* Pmax (W) é de muito forte magnitude, positiva e estatisticamente significativa ($r=0,99$; $p<0,001$), indiciador da elevada probabilidade de ocorrer na população de atletas de elite, praticantes de remo. Analisando a figura 12, que se apresenta bem esclarecedora, é evidente que quanto maior a intensidade obtida no MLSS, maior é a intensidade registada durante a performance máxima nos 2km.

Perante estes resultados, podemos concluir que o MLSS é um bom indicador da performance.

Figura 12: Correlação entre MLSS com a Pmax



Cosgrove et al. (1999) refere que o LAn4, que está diretamente relacionado com a MLSS, é a melhor referência preditiva para a performance em remadores treinados.

Steinacker et al. (1998) sugere a utilização da potência de remada em remo ergómetro correspondente às 4mmol/L como um dos testes escolhidos para a aferição da capacidade dos remadores. Afirmando, tal como no nosso estudo, que uma maior performance no limiar láctico significa uma maior performance máxima, embora também refira que exista uma elevada variabilidade individual.

Por último, foi proposto analisar a frequência cardíaca (FC) registada no LAn4 nos diferentes patamares do protocolo de carga incremental.

No quadro 12 estão apresentados os valores médios, desvio-padrão, valores mínimos e máximos da frequência cardíaca registada às 4mmol/L durante a realização os diferentes protocolos incrementais. O valor médio da FC registado no patamar de 3 minutos foi de $170,0 \pm 5,68$ bpm, no patamar de 5 minutos de $168,4 \pm 5,06$ e no patamar de 7 minutos foi de $169,0 \pm 5,89$ bpm.

Os valores que foram obtidos não permitem realizar uma associação direta com a duração dos patamares. Neste caso, apenas poderemos deduzir que não há diferenças da FC perante a variação da duração dos patamares.

Pelo quadro 13 observa-se que a comparação simultânea, pela ANOVA de Friedman, entre as frequências cardíacas obtidas em cada patamar de esforço, originou a inexistência de diferenças estatisticamente significativas ($\chi^2=2,513$; $p=0,285$), o que é revelador da estabilidade da frequência cardíaca à medida que o esforço se vai intensificando no tempo.

Segundo Hartemann et al. (1990), a FC parece ser o único parâmetro significativo para o controlo da intensidade de treino no remo, apresentando-o como um critério simples e objetivo.

No entanto a FC sofre influência de diversos factores, variando com a idade, com o treino, com a temperatura, com o grau de hidratação, entre outros factores (Kirp et al., 1997; Wilmore e Costil, 1999).

O controlo da FC auxilia o atleta no seu treino diário, principalmente no remo, porque está sujeito às condições climatéricas impedindo desta forma o controlo exato do esforço através da velocidade ou potência.

Analisando os resultados, observamos que a FC no LAn4 foi idêntica nos diferentes patamares, levando-nos a admitir que os atletas poderão recorrer a FC para controlar o treino aeróbio mas deve ser realizada uma análise cuidada para a prescrição de intensidades diretamente relacionadas com o tempo de exercício.

Em suma, não ocorreram alterações significativas na FC à medida que se altera a duração dos patamares, concluindo que a FC não varia significativamente com o tempo aplicado no protocolo.

Conclusões

7. Conclusões

Na procura de um teste mais simples e temporalmente menos dispendioso procuramos determinar qual o teste avaliador do limiar anaeróbio que melhor estivesse correlacionado com o máximo estado estável de lactato (MLSS). Os nossos resultados permitiram verificar que os testes de limiar anaeróbio com os patamares escolhidos ($_{pat}3'$, $_{pat}5'$ e $_{pat}7'$), apresentam uma elevada correlação com o MLSS. No entanto, devido à superior correlação com o MLSS a proposta que emerge deste estudo defende os patamares de 7 minutos como os mais adequados para a determinação, através do limiar anaeróbio, da competência aeróbia de um atleta de remo.

Embora usualmente o limiar anaeróbio é determinado pela concentração sanguínea de 4 mmol/L de lactato, o presente estudo permitiu corrigir, para remadores, esse limiar de transição estabelecendo-o em 3,7 com uma variação média de 0,82mmol/L.

Para além, os dados do presente estudo permitem concluir que a intensidade média ao MLSS correlaciona-se positivamente com a performance na prova de 2000m.

No entanto, as variações da frequência cardíaca obtidas nos vários testes não permitem discriminar o stresse cardíaco imposto pelos vários protocolos; por isso não deve ser considerada como importante fator de controlo de treino, pelo menos em atletas de alta competição.

Referências bibliográficas

8. Referências bibliográficas

Altenburg, D. (1992). Planning and organizing general fitness training for rowers. *FISA manual coach*, 12, 5-12.

Baldari, C., & Guidetti, L. (2000). A simple method for individual anaerobic threshold as predictor for max [Bla] steady state. *Med Sci Sports Exerc*, 32, 1798-1802.

Beneke, R. (1995). Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady-state in rowing. *Med Sci Sports Exerc*, 27, 863-867.

Beneke, R., & Duvillard, S. (1996). Determination of maximal lactate steady-state response in selected sports events. *Med Sci Sports Exerc*, 28, 241-246.

Beneke, R., Hütler, M., & Leithäuser R. (2000) Maximal lactate steady state independent of performance. *Med Sci Sports Exerc*, 32(6), 1135-1139

Beneke, R., Leithäuser, R., & Hütler, M. (2001). Dependence of the maximal lactate steady state on the motor pattern of exercise. *British J Sports Med*. 35, 192-196.

Beneke, R. (2003) Maximal lactate steady state concentration (MLSS): experimental and modeling approaches. *Eur J Appl Physiol*, 88, 361-369

Billat, V. (1996). Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training: recommendations for long-distance running. *Sports Med*, 22(3), 157-175

Billat, V. Sirvent, P., Py, G., Koralsztein, J., & Mercier, J. (2003) The concept of maximal lactate steady state – A bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports Med*, 33(6), 407-426

Bourdon, P. (2000) Physiological tests for elite athletes. Champaign: Human Kinetics.

Brooks, G., Fahey, T., White, T., & Baldwin, K. (2000). Exercise Physiology: Human Bioenergetics and its applications. 3rd edition, New York: Macmillan Publishing Company.

Bourdon, P., David, A., & Buckley, J. (2009). A single exercise test for assessing physiological and performance parameters in elite rowers: The 2-in-1 test. *J Sci Med Sport*, 12, 205-211.

Bunc, V., & Leso, J. (1993) Ventilatory threshold and work efficiency during exercise on cycle and rowing ergometer.

Cheng, B., Kuipers, H., Snyder, A., Keizer, H., Jeukendrup, A., & Hesselink, M. (1992). A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. *Int J Sports Med*, 13(7), 518-522

Chénier, D., & Léger, L., (1991). Mesure du VO₂ max sur deux ergomètres-aviron et sur l'eau en skiff. *Canadian J Sports Sci*, 16(4), 258-263

Chwalbinska-Moneta, J., Karvonen, J., Kozlowski, S., (1989) Comparison of metabolic and circulatory changes at anaerobic threshold detected by different methods. *J Sports Sci*, 11(2), 73-78

Cosgrove, M., Wilson, J., Watt, D., & Grant, G., (1999). The relationship between selected physiological variables of rowers and rowing performance as determined by a 2000m ergometer test. *J Sports Sci*, 17, 845-852

Dassonville, J., Beillot, J., Lessard, Y., Jan, J., Andre, M., & Le Pourcelet C. (2009). Blood lactate concentrations during exercise: effect of sampling site and exercise mode. *J Sports Med Phys Fitness*, 38, 39-46.

Durnin, J., & Womersley, J. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British Journal of Nutrition*, 32, 77-97

Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports Med*, 39(6), 469-490

Figueira, R., & Denadai, B., (2004) Relações entre o limiar anaeróbio, limiar anaeróbio individual e a máxima fase estável de lactato em ciclistas. *R bras Ci e Mov*, 12(2), 91-95

Foster, C., Schrage M., & Snyder, A. (1993) Blood lactate and respiratory measurement of the capacity for sustained exercise, in *Physiological assessment of human fitness*. Champaign: Human Kinetics

Foxdal, P., Sjodin, A., & Sjodin, B. (1996). Comparison of blood lactate concentrations obtained during incremental and constant intensity exercise. *Int J Sports Med*, 17, 360-365.

Gayer, G. (1994) Physiological discriminators of rowing performance in male, club rowers. Unpublished Master's thesis, Washington State University

Green, H., Hughson, R., Orr, W., & Rannek, D. (1983). Anaerobic threshold, blood lactate and muscle metabolites in progressive exercise. *J Appl Physiol*, (54)4, 1032-1038

Hagermann, F. (1984). Applied physiology of rowing. *Sports Med*, 1, 303-326

Hahn, A., Bourdon, P., & Tanner, R. (2000) Protocols for the physiological assessment of rowers. In: Gore, C (2000). *Physiological tests for elite athletes*.

Heck, H. (1991). *Laktat in der leistungsdiagnostik*. Schorndorf, Hofmann.

Hartmann, U., Mader, A., & Hollmann, W. (1990). Heart rate and lactate during endurance training programs in rowing and its relation to the duration of exercise by top elite rowers. *FISA manual coach*, 1, 1

Hartmann, U., & Mader, A. (1993). Modelling of metabolic conditions in rowing through post-exercise simulation. *FISA Coach*, 4, 1-15

Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mucke, S., Muller, R., & Hollmann W. (1985). Justification of the 4mmol/l lactate Threshold. *Int J Sports Me.*, 6, 117-130

Howley, E., Brasnet, D., & Welch, H. (1995). Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exe*, 27(9), 1292-1301

Hopkins, W., Hawley, J., & Burke, L. (1999) Design and analysis of research on sport performance enhancement. *Med Sci Sports Exer*, 31, 472-485.

Izquierdo-Gabarren, M., Expósito, R., Villarreal, E., & Izquierdo M. (2010). Physiological factors to predict on traditional rowing performance. *Eur J Appl Physiol*, 108, 83-92

Jacobs, I. (1986). Blood lactate, implications for training and sports performance. *Sports Med*, 3, 10-25

Jensen, K. (1994) Test procedures for rowing. *FISA manual coach*, 5(4), 1-6

Jones, A., & Doust, J. (1998). The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state. *Med Sci Sports Exerc*, 30(8), 1304-1313

Kass, L., & Carpenter R. (2009). The effect of sampling time on blood lactate concentration ([Bla]) in trained rowers. *Int J Sports Physiol & Performance*, 4, 218-228

Kirp, B., Gledhill, B., Jamnik, V., & Warburton, D. (1997) Effects of alterations in blood volume on cardiac function during maximal exercise. *Med Sci Sports Exer*, 29, 1469-1476

Kraemer, J., Léger, A., Paterson, D., & Marrow, A. (1994) Rowing performance and selected descriptive, field and laboratory variables. *Canadian J Appl Physiol*, 2(19), 174-184

Lajoie, C., Laurencelle, L., Trudeau, F. (2000). Physiological responses to cycling for 60 minutes at maximal lactate steady state. *Can J Appl Physiol*, 35, 250-261.

Lamb, D. (1989) A kinematic comparison of ergometer and water-rowing. *American J Sports Med*, 17, 367-373

Mader, A., & Heck, H. (1986). A theory of the metabolic origin of “anaerobic threshold”. *Int J Sports Med*, 7(1), 45-65

Mäestu, J., Jürimäe, J., & Jürimäe, T. (2005). Monitoring of performance and training in rowing. *Sports Med*, 35, 597-617

Mahler, D., Andrea, B., & Andersen, D. (1984). Comparison of 6-min “all-out” and incremental exercise tests in elite oarsman. *Med Sci Sports Exe*, 16, 567-571

Messonnier, L., Freund, H., Bourdin, M., Belli, A., & Lacour J. (1997). Lactate exchange and removal abilities in rowing performance. *Med Sci Sports Exer*, 29(3), 396-401

Nicholson, R., & Sleivert, G. (2001). Indices of lactate threshold and their relationship with 10-km running velocity. *Med Sci Sports Exer*, 33, 339-342

Nielsen, H., Kharazmi, A., Bolbjerg, M., Poulsen, H., Pedersen, B., & Secher, N. (2001). N-Acetylcysteine Attenuates Oxidative Burst by Neutrophils in Response to Ergometer Rowing with no Effect on Pulmonary Gas Exchange. *Int J Sports Med*, 22(4), 256-260

Nolte, V. (2005). *Rowing Faster*. Champaign, IL: Human Kinetics

Pripstein, L., Rhodes, E., McKenzie, D., & Coutts K. (1999). Aerobic and anaerobic energy during a 2-km race simulation in female rowers. *Eur J Appl Physiol*, 79, 491-494

Roth, W., Schwanitz, P., Pas, P., & Bauer, P. (1993). Force-time characteristics of rowing stroke and corresponding physiological muscle adaptations. *Int J Sports Med*, 14, 32-34

Santos, P. (1995). *Controlo do treino em corredores de meio fundo e fundo-avaliada capacidade aeróbia com base no limiar láctico das 4 mmol/l determinado em testes de terreno*. Porto: P. Santos. Dissertação apresentada às provas de doutoramento. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto.

Santos, P. (n/d). *Bioenergética*. Documento de apoio a cadeira de Fisiologia Geral - Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto

Schuylenbergh, R., Eynde, B., & Hespel, P. (2004) Correlations between lactate and ventilatory thresholds and the maximal lactate steady state in elite cyclists. *Int J Sports Med*, 25(6), 403-408

Secher, N. (1983). The physiology of rowing. *J Sports Sci*, 1, 23-53

Secher, N. (1992). Physiological and biomechanical aspects of rowing: implications for training. *Sports Med*, 15, 24-42

Secher, N. (1993). Physiological and biomechanical aspects of rowing. Implications for training. *Sports Med* 15:24-42

Shephard, R. (1998) Science and medicine of rowing: a review. *J Sports Sci*, 16, 603-620

Sjodin, B., & Jacobs, I. (1981) Onset of blood accumulation and marathon running performance. *Int J Sports Med*, 2, 23-26.

Smith, T., Hopkins, W., & Taylor, N. (1994). Respiratory responses of elite oarsmen, former oarsman, and highly trained non-rowers during rowing, cycling and running. *Eur J Appl Physiol*, 69, 44-49

Stegmann, H., & Kindermann, W. (1982). Comparison of prolonged exercise tests at the individual threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol/l lactate. *Int J Sports Med*, 3, 105-110.

Steinacker, J. (1993) Physiological aspects of training in rowing. *Int J Sports Med*, 14 (14), 3-10

Steinacker, J., Lormes, W., Lehmann, M., & Altenburg, D. (1998) Training of rowers before World Championships. *Med Sci Sports Exe*, 30(7), 1158-1163

Svedahl, K., & Macintosh, B. (2003) Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Can J Appl Physiol*, 2, 299-323

Tokmakidis, S., Leger, L., & Piliandis, T. (1998). Failure to obtain a unique threshold on the blood lactate concentration curve during exercise. *Eur.J.Appl.Physiol*, 77(4), 333-342.

Urhausen, A., Weiler, B., & Kindermann, W. (1993) Heart rate, blood lactate and catecholamine during ergometer and water rowing. *Int J Sports Med*, 14(1), 20-23

Wilmore, J., & Costill, D. (1999) Fisiologia del esfuerzo y del deporte. Barcelona: Editorial Paidotribo