

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE DESPORTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

TALITA GROSSL

**TEMPO DE EXAUSTÃO NA MÁXIMA FASE ESTÁVEL DE
LACTATO EM PROTOCOLO CONTÍNUO E INTERMITENTE
NO CICLISMO**

Dissertação de Mestrado

FLORIANÓPOLIS, 2011

TALITA GROSSL

**TEMPO DE EXAUSTÃO NA MÁXIMA FASE ESTÁVEL DE
LACTATO EM PROTOCOLO CONTÍNUO E INTERMITENTE
NO CICLISMO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito final para obtenção do título de mestre em Educação Física

Orientador: Dr. Luiz Guilherme A. Guglielmo

FLORIANÓPOLIS, FEVEREIRO DE 2011.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE DESPORTOS**

A dissertação: Tempo de exaustão na máxima fase estável de lactato em protocolo contínuo e intermitente no ciclismo

Elaborada por: Talita Grossl

foi aprovada por todos os membros da banca examinadora e aceita junto ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito final para a obtenção do título de **Mestre em Educação Física**.

Florianópolis, 24 de fevereiro de 2011.

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Educação Física

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo (Orientador)

Prof. Dr. Fernando Diefenthaler - UFSC (Membro Interno)

Prof^{da}. Dr^a. Camila Coelho Greco - UNESP (Membro Externo)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, não poderia deixar de agradecer aos meus maiores ídolos: meus pais, **Paulo e Dilva**. Foram eles que, desde o início, confiaram em mim, em meu potencial e no meu sonho. Sempre me apoiando, me confortando, me dando subsídios para eu voltar a morar em Florianópolis e, agradeço principalmente, por estarem ao meu lado em todos os momentos.

Às minhas irmãs, **Carla e Giselle**, por serem minhas melhores amigas, sempre! Por acreditarem em mim e por me darem a honra de ser a “dinda” dos meus dois sobrinhos lindos e fofos que eu amo muito, **Davi e Laura**.

Ao meu amor **João**, por ter reaparecido na minha vida no momento que tanto eu precisava de alguém, exatamente como sempre sonhei, ao meu lado. Por todas as palavras de carinho, de motivação, de alegria, de companheirismo; por acreditar na minha capacidade e estar sempre presente na minha vida, mesmo que a quilômetros de distância.

Agradeço em especial ao meu orientador, professor **Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo**, por confiar em mim e por me orientar em três trabalhos de finais de curso (Graduação, Especialização e agora Mestrado). Por toda dedicação, paciência, confiança, amizade, risadas e por todos ensinamentos. Agradeço também por todas as correções de projetos e artigos, e, enfim, por sempre me ajudar e orientar nesse longo período percorrido.

Ao meu amigo, sujeito-piloto e co-orientador, **Ricardo Dantas de Lucas**. O que seria desse meu trabalho sem você? Sem dúvidas foi a pessoa que mais me ajudou desde a coleta de dados até a conclusão dos artigos aqui desenvolvidos. Com certeza, ele é um membro fundamental para todos os integrantes do LAEF. Muito obrigada por todo tempo cedido às diversas conversas, dúvidas, “desesperos” e aprendizados.

Falando em integrantes do LAEF, tenho que fazer vários agradecimentos especiais, pois, neste laboratório, além de eu poder contar com a ajuda na parte prática e escrita da minha dissertação, eu pude fazer diversos amigos, os quais levarei pra sempre comigo, aonde quer que eu vá, pois, os conhecimentos e as lembranças dos momentos que tive com eles/elas nesses três anos, são para sempre.

Agradeço ao meu amigo **Juliano Fernandes da Silva**, por me motivar a voltar a morar em Florianópolis após o término da minha Graduação, e, com isso, tentar a seleção do Mestrado. Foi ele que me deu o ponta-pé inicial com a escrita dos artigos científicos e sempre

acreditou que eu entraria no mestrado, e aqui estou, concluindo a minha dissertação. Muito obrigada Ju!

Às minhas amigas **Naiandra e Fabia**, elas que, quando eu disse que ia escrever o agradecimento para as “luluzinhas” do LAEF, falaram que queriam um especial para elas. Meninas, muito obrigada principalmente pelas várias risadas que vocês me fizeram dar; principalmente naquelas manhãs e tardes onde eu não sabia mais o que ler e escrever, e vocês conseguiam transformar o meu sufoco em alegria. Isso não tem preço!

Agora sim, às Luluzinhas do LAEF: **Naia, Fabia, Fran e Elisa**. Agradeço simplesmente pela amizade, pela ajuda nas minhas coletas, pelos diversos almoços no RU juntas, pelos chocolates, pelas viagens/congressos que fizemos juntas, pelas fofocas, e até mesmo por sempre pegarem no meu pé. O que será de vocês sem a minha presença hein?! Não precisar arrumar um novo alvo. rs.

Ao meu irmão do Mestrado, **Kristopher Mendes de Souza**. Agradeço pela amizade, pela companhia nas coletas de dados (mesmo nas férias de janeiro, que para nós não eram férias) e pelo auxílio na escrita dos artigos. Também agradeço ao mais novo integrante do LAEF, e meu co-orientando, **Anderson Teixeira**, principalmente pela ajuda na coleta de dados; e aos demais integrantes do laboratório, que, de uma forma ou de outra, me ajudaram na conclusão deste trabalho. Não poderia deixar de agradecer também em especial, a nossa querida mãezinha do LAEF, **Dona Rose**. Muito obrigada por toda dedicação para com o nosso grupo, por toda a organização, pelo carinho e por estar sempre disposta a nos ajudar.

Agradeço ao professor **Dr. Fernando Diefenthaler** e à professora **Dra. Camila Coelho Greco** por aceitarem participar da minha banca, pelas sugestões dadas em minha qualificação e pela contribuição nesse importante processo de minha formação. Também agradeço à professora **Dra. Rosane Carla Rosendo da Silva** pela amizade e por todos os seus ensinamentos.

Aos meus atletas que, se disponibilizaram em fazer parte deste estudo bastante duradouro e intenso, e, mesmo assim, participaram de forma assídua e responsável. Muito obrigada! Enfim, agradeço aos meus amigos que estavam ao meu lado nesse período tão importante para a minha formação acadêmica.

RESUMO

A intensidade da máxima fase estável de lactato (wMLSS) representa o índice fisiológico padrão ouro para a avaliação da capacidade aeróbia, sendo, dessa forma, indicada para a prescrição do treinamento aeróbio, principalmente para atletas de endurance. Deste modo, o objetivo do presente estudo foi comparar o tempo de exaustão (TTE) na wMLSS em protocolo contínuo e intermitente em ciclistas treinados, investigando se as variáveis fisiológicas diferem entre os modos de exercício e ao longo do tempo. Quatorze ciclistas treinados ($29,7 \pm 5,3$ anos, $76,5 \pm 7,0$ kg, $176,9 \pm 5,6$ cm, $12,6 \pm 4,6$ % gordura corporal), do sexo masculino, participaram do estudo. Todos os participantes realizaram um teste incremental máximo; 2-5 testes com 30 min de duração para determinar a wMLSS; e, dois testes, de forma aleatória, na wMLSS determinada em protocolo contínuo e intermitente (wMLSS_{con} e wMLSS_{int}, respectivamente) até a exaustão em um cicloergômetro. O modelo intermitente foi realizado com 5 min de exercício e pausas de 1 min de recuperação passiva. Os dados foram expressos como média \pm DP. Para comparação entre os modos de exercício, foi realizado o teste t de Student para dados pareados. O nível de significância foi $p < 0,05$. O TTE na wMLSS_{int} foi maior que o TTE na wMLSS_{con} ($67,8 \pm 14,3$ vs. $54,7 \pm 10,9$ min; $p < 0,05$), mesmo a carga absoluta da wMLSS_{int} sendo mais alta que a wMLSS_{con} (268 ± 29 vs. 251 ± 29 W; $p < 0,05$). A concentração de lactato sanguíneo ([La]) na wMLSS_{con} foi menor do que a [La] na wMLSS_{int} ($3,8 \pm 0,8$ vs. $4,6 \pm 1,0$ mmol·L⁻¹; $p < 0,05$), no entanto, no TTE, estas diferenças desapareceram. O maior TTE encontrado na wMLSS_{int} pode ser explicado pela menor depleção de glicogênio e pelo aumento da contribuição dos lipídios para o metabolismo oxidativo no protocolo intermitente, resultando um aumento nos níveis de ATP, creatina fosfato e citrato no final de cada período de recuperação. Estes resultados demonstram que o protocolo intermitente para determinar a wMLSS leva a uma superestimação da potência do método tradicional para determinação da wMLSS. Além disso, o volume de uma sessão de treinamento intervalado na wMLSS deve levar em consideração a maior potência e o maior TTE quando comparado ao exercício contínuo.

Palavras-chave: Respostas fisiológicas, Capacidade aeróbia, Performance submáxima, Tempo de exaustão, Exercício intermitente

ABSTRACT

The maximal lactate steady state intensity (wMLSS) is considered the gold standard for aerobic capacity evaluation and it is frequently indicated for the prescription of aerobic training, especially for endurance athletes. The aim of the present study was to compare the time to exhaustion (TTE) at wMLSS in continuous and intermittent exercise in trained cyclists, investigating whether physiological variables differ between these exercise modes and over time. Fourteen trained male cyclists (29.7 ± 5.3 years, 76.5 ± 7.0 kg, 176.9 ± 5.6 cm, 12.6 ± 4.6 % body fat) volunteered for this investigation and performed an incremental test, 2-5 30-min tests to determine the wMLSS, and two randomized tests at wMLSS in continuous and intermittent protocols (wMLSS_{con} and wMLSS_{int}, respectively) until exhaustion on a cycle ergometer. The intermittent model was performed with 5 min of cycling, interspaced by 1 min of passive rest. Data are presented as mean \pm SD. The Student's *t*-test for paired data was used to compare different exercise modes. The level of significance was $p < 0.05$. TTE at wMLSS_{int} was longer than TTE at wMLSS_{con} (67.8 ± 14.3 vs. 54.7 ± 10.9 min; $p < 0.05$), even though the absolute wMLSS_{int} was higher than wMLSS_{con} (268 ± 29 vs. 251 ± 29 W; $p < 0.05$). Blood lactate concentration ([La]) at wMLSS_{con} was lower than [La] at wMLSS_{int} (3.8 ± 0.8 vs. 4.6 ± 1.0 mmol·L⁻¹; $p < 0.05$), however at TTE these differences disappeared. Thus, the higher TTE found at wMLSS_{int} could be explained by a lower glycogen depletion rate and by an increase in the contribution of lipids to oxidative metabolism in intermittent protocol resulting in an increase in the levels of ATP, creatine phosphate, and citrate at the end of each rest period. These results demonstrate that the intermittent protocol to determine wMLSS leads to an overestimation of the power output of traditional MLSS determination. Moreover, the training volume of an interval session designed at wMLSS should take into consideration this higher power output and also TTE, when compared with continuous exercise.

Keywords: Physiological responses, Endurance capacity, Submaximal performance, Time to exhaustion, Intermittent exercise

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

Fig. 1 Diferenças na FC, VO₂, e VE entre o TTE_{con} e TTE_{int}..... 27

Fig. 2 Diferenças na [La] entre o TTE_{con} e TTE_{int} e diferenças entre o t₁₀, t₂₀, t₃₀, e t_{end} dentro do mesmo protocolo (contínuo e intermitente) 28

ARTIGO 2

Fig. 1 Bland-Altman do LAN₁ vs. wMLSS (a), LAN₂ vs. wMLSS (b) e LAN₃ vs. wMLSS (c). 48

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1. Média \pm DP das variáveis fisiológicas obtidas durante o teste incremental máximo	24
Tempo de exaustão.....	24
Tabela 2. Média \pm DP das variáveis fisiológicas no exercício contínuo e intermitente.....	25
Tabela 3. Média \pm DP da FC, VO_2 e VE durante os percentuais do TTE_{con} e TTE_{int} entre 20% e 100% do TTE.....	26

ARTIGO 2

Tabela 1. Variáveis máximas obtidas durante o teste incremental.....	46
Tabela 2. Potência, consumo de oxigênio (VO_2), frequência cardíaca (FC) e concentração de lactato sanguíneo ([La]) referentes à MLSS, LAN_1 , LAN_2 e LAN_3	47
Tabela 3. Frequência dos participantes que tiveram o LAn estimado dentro de 5% da wMLSS, abaixo de 5% e acima de 5% (n = 14).....	47

LISTA DE ANEXOS E APÊNDICES

ANEXOS

Anexo 1. Parecer do comitê de ética em pesquisa com seres humanos	57
Anexo 2. Carta de aceite	60

APÊNDICE

Apêndice 1. Termo de consentimento livre e esclarecido.....	61
--	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- ATP** – adenosina trifosfato
CP – creatina fosfato
DP – desvio-padrão
LAn – limiar anaeróbio
LL – limiar de lactato
FC – frequência cardíaca
FC_{max} – frequência cardíaca máxima
PC – potência crítica
P_{max} – potência máxima aeróbia
QR – quociente respiratório
TTE – tempo de exaustão
TTE_{con} – tempo de exaustão determinado em protocolo contínuo
TTE_{int} – tempo de exaustão determinado em protocolo intermitente
VE – ventilação
VE_{max} – ventilação máxima
VCO₂ – produção de dióxido de carbono
VO₂ – consumo de oxigênio
VO_{2max} – consumo máximo de oxigênio
wMLSS – intensidade referente à máxima fase estável de lactato
wMLSS_{con} – intensidade referente à máxima fase estável de lactato determinada em protocolo contínuo
wMLSS_{int} – intensidade referente à máxima fase estável de lactato determinada em protocolo intermitente
[La] – concentração de lactato sanguíneo
[La]_{MLSS} – concentração de lactato sanguíneo na máxima fase estável de lactato
[La]_{MLSS_{con}} – concentração de lactato sanguíneo na máxima fase estável de lactato determinada em protocolo contínuo
[La]_{MLSS_{int}} – concentração de lactato sanguíneo na máxima fase estável de lactato determinada em protocolo intermitente
[La]_{pico} – concentração pico de lactato

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Situação problema.....	1
1.2 Objetivo geral.....	4
1.3 Objetivos específicos.....	4
1.4 Justificativa.....	4
1.5 Hipóteses.....	6
1.6 Delimitação do estudo.....	6
1.7 Definição das variáveis.....	6
2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	9
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11
4 ARTIGO ORIGINAL 1	15
Introdução.....	18
Métodos.....	20
<i>Participantes</i>	20
<i>Visão geral do modelo experimental e equipamentos utilizados</i> ..	21
<i>Teste incremental máximo</i>	22
<i>Determinação da $wMLSS_{con}$ e $wMLSS_{int}$</i>	22
<i>Determinação do TTE_{con} e TTE_{int}</i>	23
<i>Análise estatística</i>	24
Resultados.....	24
<i>Teste incremental máximo</i>	24
<i>Tempo de exaustão</i>	24
Discussão.....	28
Referências.....	33
5 ARTIGO ORIGINAL 2	37
Introdução.....	41
Material e Métodos.....	43
<i>Participantes</i>	43
<i>Visão geral do modelo experimental e equipamentos utilizados</i> ..	43
<i>Teste incremental máximo</i>	44
<i>Determinação da $wMLSS$</i>	44
<i>Determinação da potência, VO_2, FC e [La] nos diferentes métodos</i>	45
.....	45
<i>Análise estatística</i>	45
Resultados.....	46
Discussão.....	49
Referências.....	52
6 CONCLUSÕES	55

1 INTRODUÇÃO

1.1 Situação problema

Por meio da mensuração da concentração de lactato sanguíneo ([La]), é possível assumir a existência de domínios fisiológicos separados por dois limiares ou duas perdas de continuidade desta variável. Esses domínios de intensidade têm sido classificados como moderado, pesado e severo, sendo que, em cada um, as respostas fisiológicas ao longo do tempo, são diferentes (GAESSER; POOLE, 1996). A identificação precisa dos limiares de transição fisiológica é uma estratégia imprescindível para os treinamentos, visto que o treino torna-se mais eficaz quando realizado nas intensidades correspondentes aos limiares.

Em exercícios moderados (i.e. abaixo do limiar de lactato - LL), o consumo de oxigênio (VO_2) aumenta mono exponencialmente, alcançando um novo estado estável dentro de 2-3 min (GAESSER; POOLE, 1996). Já em intensidades de esforços correspondentes ao domínio pesado ($> LL$), o VO_2 eleva-se bi-exponencialmente, existindo o aparecimento de um segundo componente (componente lento), atrasando o alcance do novo estado estável (15 a 20 min) e apresentando um valor maior daquele predito pela relação VO_2 vs. intensidade (GAESSER; POOLE, 1996; CAPUTO; DENADAI, 2004). Assim sendo, o domínio pesado começa a partir da menor intensidade de esforço na qual o lactato se eleva e tem como limite superior a intensidade correspondente à máxima fase estável de lactato (wMLSS) ou a potência crítica (PC) (POOLE et al., 1988; HILL; POOLE; SMITH, 2002; PRINGLE; JONES, 2002; BARBOSA et al., 2009).

Para o domínio severo (i.e. acima da wMLSS ou PC), o VO_2 aumenta progressivamente de maneira bi-exponencial (intensidades abaixo do consumo máximo de oxigênio - VO_{2max}) ou é projetado exponencialmente (na intensidade correspondente ao VO_{2max} ou acima), atingindo seus valores máximos ao final do exercício (HILL; POOLE; SMITH, 2002). Nessa intensidade, não há estabilização de nenhuma variável metabólica e, especificamente, a taxa de liberação de lactato sanguíneo é maior que a taxa de remoção, com acúmulo subsequente e aumento na relação entre lactato/piruvato e concentração do próton [H^+] (GRECO; CAPUTO; DENADAI, 2008).

As respostas cardiorrespiratórias e metabólicas durante o exercício realizado em diferentes domínios de intensidades têm sido

consideradas essenciais tanto para a prescrição do exercício aeróbio de longa duração (> 30 min) quanto para elaboração de modelos experimentais. Neste sentido, alguns autores têm sustentado que a wMLSS, e não a PC, seria o limite entre os domínios pesado e severo (PRINGLE; JONES, 2002). Os autores verificaram que a PC foi significativamente maior que a wMLSS, e que, ao realizar o exercício acima da wMLSS, o VO_2 e a [La] não apresentam estabilidade.

Independentemente dos estudos que procuram sustentar qual seria o limite superior entre os domínios de intensidade (pesado e severo) e, mesmo que apresentem resultados aparentemente contraditórios, existe consenso na literatura que a wMLSS representa o índice fisiológico padrão ouro para a avaliação da capacidade aeróbia (BILLAT et al., 2003; BENEKE et al., 2003; FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009).

A MLSS pode ser definida como a mais alta [La] em que há um máximo equilíbrio entre liberação e remoção durante o exercício prolongado (30 min) de carga constante (BENEKE, 1995; BENEKE, 2003). Assim, para a verificação deste máximo equilíbrio, é necessária a realização de dois a cinco testes de carga constante, necessitando da presença do atleta no laboratório em diversos dias. Deste modo, alguns pesquisadores tentaram validar métodos para prever a wMLSS (BERG et al., 1990; BALDARI; GUIDETTI, 2000; HECK et al., 1985) por meio da realização de um único teste incremental. Por este motivo, este campo tem sido bastante investigado na literatura (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009), já que a determinação de um índice capaz de prever a wMLSS em um único teste incremental representa uma economia de tempo, aspecto importante quando esta avaliação é aplicada à atletas.

A importância fisiológica da utilização da wMLSS é a delimitação da intensidade de exercício, acima da qual há uma contribuição de energia associada com o acúmulo de lactato devido ao aumento da taxa glicolítica que excede a taxa de utilização de piruvato mitocondrial (HECK et al., 1985). Mesmo com a maior ativação da glicólise anaeróbia na wMLSS, pode-se especular que ocorre um considerável aumento no metabolismo oxidativo da célula muscular. Teoricamente, a maior estimulação do metabolismo oxidativo por períodos prolongados de tempo durante o exercício com pequenas variações na intensidade pode ser considerada a carga apropriada para o treinamento de endurance (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009).

Sabe-se que na intensidade de exercício ligeiramente acima do LL ocorre uma elevação da [La] (steady-state) durante o exercício, e este pode ser mantido por períodos prolongados de tempo (~ 4 h) (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009). Já na wMLSS, o exercício parece ser sustentado por ~ 35 a 60 min (BILLAT et al., 2004; BARON et al., 2008; FONTANA; BOUTELLIER; KNÖPFLI-LENZIN, 2009).

No exercício de carga constante realizado na wMLSS até a exaustão, tem sido demonstrado um equilíbrio no VO_2 , na produção de dióxido de carbono (VCO_2) e nas trocas respiratórias (QR), porém com um aumento significativo da ventilação (VE) e frequência cardíaca (FC) (BARON et al., 2008). Adicionalmente, Philp et al. (2008) analisaram os efeitos de oito semanas de treinamentos contínuo e intervalado na wMLSS, em corredores treinados, e verificaram uma melhora na velocidade de corrida na wMLSS, no LL e no VO_{2max} .

No entanto, é importante salientar que a wMLSS geralmente é determinada por meio de protocolos contínuos. Porém, em muitas modalidades, a prescrição do treinamento aeróbio é realizada de forma intermitente, sendo, neste caso, necessária a realização de ajustes na intensidade. O treinamento intervalado tem sido freqüentemente utilizado por atletas de endurance (nadadores, ciclistas, corredores e triatletas) como uma estratégia para aumentar a intensidade do treinamento de longa duração (SEILER; HETLELID, 2005; PHILP et al., 2008). O exercício intermitente envolve cargas longas e repetidas de alta intensidade (igual ou superior à wMLSS), intercaladas com períodos de recuperação passiva ou ativa, que possibilitam a realização de durações proporcionalmente maiores de atividade na mesma carga absoluta, ou durações similares com cargas mais elevadas (BENEKE et al., 2003).

A partir disso, Beneke et al. (2003) verificaram que a wMLSS, quando determinada em protocolo intermitente ($wMLSS_{int}$), é aproximadamente 8% a 10% superior da wMLSS determinada em protocolo contínuo ($wMLSS_{con}$) quando determinada com razão esforço pausa 10:1 e 3:1, respectivamente. Este estudo ressalta a importância do conhecimento das respostas fisiológicas durante o exercício intermitente para a avaliação e a prescrição do treinamento aeróbio.

Deste modo, a determinação do tempo de exaustão (TTE) e das respostas cardiorrespiratórias e metabólicas na wMLSS parecem interessantes, principalmente para uma melhor compreensão dos mecanismos relacionados à fadiga durante o exercício de longa duração

(igual ou superior a 30 min) realizado tanto de forma contínua quanto intermitente.

Assim, com base nas referências supracitadas e considerando a importância da determinação da $wMLSS_{int}$, pode-se hipotetizar que, embora a $wMLSS_{int}$ seja maior que a $wMLSS_{con}$, o TTE para ambas intensidades é similar. Dessa forma, formulou-se o seguinte problema de pesquisa: O TTE na $wMLSS_{int}$ apresenta diferença quando comparado com o TTE na $wMLSS_{con}$ no ciclismo?

1.2 Objetivo geral

Determinar e comparar o tempo de exaustão na intensidade de máxima fase estável de lactato em protocolo contínuo e intermitente no ciclismo.

1.3 Objetivos específicos

Determinar os índices fisiológicos (frequência cardíaca máxima - FC_{max} , VO_{2max} , potência máxima aeróbia - P_{max} e limiar anaeróbio - LAn) no teste incremental máximo no cicloergômetro;

Determinar e comparar a $wMLSS$ em protocolo contínuo e intermitente ($wMLSS_{con}$ e $wMLSS_{int}$);

Determinar e comparar as respostas fisiológicas (FC , VO_2 , VE , $[La]$ e potência) durante o TTE realizado na $wMLSS_{con}$ e $wMLSS_{int}$;

Correlacionar entre as respostas fisiológicas (FC , VO_2 , VE) durante o TTE nos dois protocolos;

Avaliar o nível de concordância entre a $wMLSS_{con}$ e os diferentes métodos de determinação do LAn no teste incremental.

1.4 Justificativa

Com a evolução do esporte de alto rendimento, é possível verificar a existência de um grande interesse da comunidade científica pela determinação de variáveis fisiológicas capazes de prever a *performance* e, que também, possam ser utilizadas como referência para a avaliação, prescrição e controle dos efeitos do treinamento

(GUGLIELMO, 2005). Nesse sentido, a wMLSS tem sido considerada como o padrão ouro para avaliação da capacidade aeróbia (BILLAT et al., 2003) e, também, como sendo o limite superior do domínio pesado de exercício (PRINGLE; JONES, 2002).

Deste modo, a wMLSS representa um excelente estímulo para o treinamento da capacidade aeróbia podendo ser realizado de forma contínua ou intervalada. Porém, a determinação da wMLSS tradicionalmente é realizada em protocolos contínuos com 30 min de duração e prescrita muitas vezes em sessões intermitentes (PHILP et al., 2008).

Quando a mesma intensidade absoluta é utilizada, sabe-se que o treinamento intermitente possibilita a aplicação de um maior volume (duração) ao ser comparado com o contínuo (BENEKE et al., 2003). O volume e a intensidade são fatores determinantes para obter às adaptações esperadas pelo treinamento. No entanto, pouco tem sido discutido sobre o volume de treinamento contínuo e intervalado quando a wMLSS é utilizada como referência.

Adicionalmente, pode-se especular que uma sessão de treinamento intervalado na wMLSS_{con} deve ter uma duração superior a 30 min para representar um estímulo efetivo para a capacidade aeróbia. Assim sendo, quando a wMLSS_{con} é utilizada para o treinamento intermitente, a capacidade aeróbia do atleta é subestimada, ocorrendo uma prescrição inapropriada da intensidade de treinamento (BENEKE et al., 2003).

Outro indicador fisiológico que deve ser ressaltado é o TTE em uma determinada intensidade de exercício (BILLAT et al., 1994). Por ser pouco estudado, ainda não existe um consenso na literatura sobre o TTE relacionado à wMLSS, prova disso é a elevada variação encontrada nesse tempo (~ 35 a 60 min) (BILLAT et al., 2004; BARON et al., 2008; FONTANA; BOUTELLIER; KNÖPFLI-LENZIN, 2009).

Além disso, não foram encontrados estudos que determinaram o TTE em protocolo intermitente. Adicionalmente, o conhecimento do tempo de exaustão e das respostas cardiorrespiratórias e metabólicas na wMLSS parece ser fundamental para a prescrição do volume adequado das sessões de treinamentos contínuos e/ou intermitentes.

Como no ciclismo a prescrição do treinamento aeróbio é muitas vezes de forma intervalada e, conforme a escassez de informações na literatura sobre o TTE na wMLSS, principalmente no que se refere ao protocolo intermitente, a relevância da presente investigação é justificada.

1.5 Hipóteses

H₁: A $wMLSS_{con}$ e a [La] na $MLSS_{con}$ são menores que quando determinada de forma intermitente.

H₂: O TTE determinado tanto em protocolo contínuo como no intermitente são similares.

H₃: O método proposto por Berg et al. (1990) apresenta a melhor estimativa da $wMLSS$ quando comparados com os outros métodos indiretos analisados, pelo fato de considerar a análise individual por meio da relação entre a [La] e potência.

1.6 Delimitação do estudo

Este estudo avaliou 14 ciclistas treinados, do sexo masculino, com idade entre 20-36 anos, com no mínimo de três anos de envolvimento com o treinamento aeróbio e competições (ciclismo de terra e/ou estrada) e que aceitaram o convite para participar voluntariamente do estudo. No período que antecedeu a realização desse estudo, os participantes pedalavam de 5 a 6 dias por semana, com um volume semanal de treino que oscilava entre 320 a 360 km.

1.7 Definição das variáveis

a) Limiar anaeróbio (LAn)

Conceitual: O LAn é definido como a intensidade em que ocorre o máximo balanço entre produção e remoção de lactato no sangue (KINDERMANN; SIMON; KEUL, 1979; HECK et al., 1985).

Operacional: O LAn será determinado por meio da interpolação linear, adotando a concentração fixa de lactato de $3,5 \text{ mmol.L}^{-1}$ (HECK et al., 1985).

b) Intensidade da máxima fase estável de lactato ($wMLSS$)

Conceitual: A mais alta intensidade que pode ser mantida ao longo do tempo, sem uma contínua acumulação de lactato no sangue (BENEKE, 1995).

Operacional: A partir do valor do LAn encontrado no teste incremental, a wMLSS será aquela na qual não há uma variação maior do que 1 mmol.L^{-1} na [La] nos últimos 20 min de exercício (HECK et al., 1985).

c) Consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{max}}$)

Conceitual: A mais alta captação de oxigênio alcançada por um indivíduo, respirando ar atmosférico ao nível do mar (ASTRAND, 1952).

Operacional: O VO_2 será mensurado respiração a respiração durante todo o protocolo sendo os dados reduzidos às médias de 15 s. O $\text{VO}_{2\text{max}}$ será considerado como o maior valor obtido durante o teste nestes intervalos de 15 s.

d) Tempo de exaustão (TTE)

Conceitual: Tempo máximo de sustentação do exercício durante uma determinada intensidade (BILLAT et al., 1994).

Operacional: Tempo em que o atleta permanecerá sustentando a wMLSS em protocolo contínuo e intermitente.

2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Segundo a norma 02/2008, artigo 6º, do Programa de Pós-Graduação em Educação Física do Centro de Desportos (CDS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a presente dissertação está apresentada no modelo alternativo (coletânea de artigos ou livro), sendo composta por dois artigos científicos.

O primeiro artigo, intitulado “Tempo de exaustão na máxima fase estável de lactato em protocolo contínuo e intermitente no ciclismo”, foi submetido ao *Journal of Sports Sciences* e trata-se do tema principal desta dissertação de Mestrado.

O segundo artigo, intitulado “Máxima fase estável de lactato e limiar anaeróbio identificado a partir de diferentes métodos em ciclistas”, foi aprovado no *European Journal of Sport Science* em 27 de novembro de 2010 (Anexo 2).

Importante esclarecer que os artigos estão no formato em que o documento foi submetido e/ou aprovado ao periódico, respeitando, dessa forma, as normas vigentes nas revistas.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTRAND, P. O. **Experimental studies of physical work capacity in relation to sex and age**. Copenhagen: Ejnar Munksgaard, 1952.

BALDARI, C.; GUIDETTI, L. A simple method for individual anaerobic thresholds as predictor of max lactate steady state. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 32, p. 1798-1802, 2000.

BARBOSA, L. F.; SOUZA, M. R.; PELARIGO, J. G.; CARITÁ, R. A. C.; CAPUTO, F.; DENADAI, B. S.; GRECO, C. C. Máxima fase estável de lactato sanguíneo e o limite superior do domínio pesado em ciclistas treinados. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 11, n. 3, p. 320-325, 2009.

BARON, B.; NOAKES, T. D.; DEKERLE, J.; MOULLAN, F.; ROBIN, S.; MATRAN, R.; PELAYO, P. Why does exercise terminate at the maximal lactate steady state intensity? **British Journal of Sports Medicine**, v. 42, n. 10, p. 528-533, 2008.

BENEKE, R. Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady-state in rowing. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 27, n. 6, p. 863- 867, 1995.

BENEKE, R. Maximal lactate steady state concentration (MLSS): experimental and modelling approaches. **European Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 4-5, p. 361-369, 2003.

BENEKE, R.; HÜTLER, M.; DUVILLARD, S. P.; SELLENS, M.; LEITHÄUSER, R. M. Effect of Test Interruptions on blood lactate during constant workload testing. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 35, n. 9, p. 1626-1630, 2003.

BERG, A.; JAKOB, M.; LEHMANN, H. H.; DICKHUTH, G.; Huber, J. Aktuelle Aspekte der modernen ergometrie. **Pneumologie**, v. 44, p. 2-13, 1990.

BILLAT, V. L.; PINOTEAU, J.; PETIT, B.; RENOUX, J. C.; KORALSZTEIN, P. Time to exhaustion at 100% of velocity at VO_2 max and modeling of the relation time-limit/velocity in elite long distance

runners. **European Journal of Applied Physiology**, v. 69, n. 3, p. 271-273, 1994.

BILLAT, V. L.; SIRVENT, P.; PY, G.; KORALSZTEIN, J.P. AND MERCIER, J. The concept of maximal lactate steady state. A bridge between biochemistry, physiology and sport science. **Sports Medicine**, v. 33, n. 6, p. 407-426, 2003.

BILLAT, V. L.; SIRVENT, P.; LEPRETRE, P.M.; KORALSZTEIN, J. P. Training effect on performance, substrate balance and blood lactate concentration at maximal lactate steady state in master endurance-runners. *Pflugers Arch*: **European Journal of Physiology**, v. 447, n. 6, p. 875-883, 2004.

CAPUTO, F.; DENADAI, B.S. Effects of aerobic endurance training status and specificity on oxygen uptake kinetics during maximal exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 93, n. 1-2, p. 87-95, 2004.

FAUDE, O.; KINDERMANN, W.; MEYER, T. Lactate threshold concepts: how valid are they? **Sports Medicine**, v. 39, n. 6, p. 469-490, 2009.

FONTANA, P.; BOUTELLIER, U.; KNÖPFLI-LENZIN, C. Time to exhaustion at maximal lactate steady state is similar for cycling and running in moderately trained subjects. **European Journal Applied Physiology**, v. 107, n. 2, p. 187-192, 2009.

GAESSER, G. A.; POOLE, D. C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exercise Sport Science Reviewer**, v. 24, p. 35-71, 1996.

GRECO, C. C.; CAPUTO, F.; DENADAI, B. S. Critical Power and maximal oxygen uptake: estimating the upper limit of the severe domain, a new challenge? **Science and Sports**, v.23, n. 5, p. 216-222, 2008.

GUGLIELMO, L. G. A. **Efeitos de diferentes tipos de treinamento sobre a intensidade e o tempo de exaustão a 100% do VO₂max**. Tese (Doutorado em Ciências da motricidade) - Universidade Estadual

Paulista Júlio de Mesquita Filho, Universidade do Estado de São Paulo, São Paulo, 2005.

HARNISH, C. R.; SWENSEN, T. C.; PATE, R. R. Methods for estimating the maximal lactate steady state in trained cyclists. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 33, p. 1052-1055, 2001.

HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MUCKE, S.; MULLER, R.; HOLMANN, W. Justification of the 4mmol/l lactate threshold. **International Journal of Sports Science**, v. 6, p. 117-30, 1985.

HILL, D. W.; POOLE, D. C.; SMITH, J. C. The relationship between power and time to achieve VO_2 max. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 34, n. 4, p. 709-714, 2002.

JONES, A. M.; DOUST, J. H. The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 30, n. 8, p. 1304-1313, 1998.

KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobic transition for determination of work load intensities during endurance training. **European Journal Applied Physiology**, v. 42, n. 1, p. 25-34, 1979.

PHILP, A.; MACDONALD, A. L.; CARTER, H.; WATT, P. W.; PRINGLE, J. S. Maximal Lactate Steady State as a Training Stimulus. **Internacional Journal Sports Medicine**, v. 29, n. 6, p. 475-479, 2008.

POOLE, D. C.; WARD, S. A; GARDNER, G.; WHIPP, B. J. Metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. **Ergonomics**, v. 31, n. 9, p. 1265-1279, 1988.

PRINGLE, J. S.; JONES, A. M. Maximal lactate steady state, critical power and EMG during cycling. **European Journal Applied Physiology**, v. 88, n. 3, p. 214-226, 2002.

SEILER, S.; HETLELID, K. J. The impact of rest duration on work intensity and RPE during interval training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 37, n. 9, p. 1601-1607, 2005.

4 ARTIGO ORIGINAL 1

TEMPO DE EXAUSTÃO NA MÁXIMA FASE ESTÁVEL DE LACTATO EM PROTOCOLO CONTÍNUO E INTERMITENTE NO CICLISMO¹

¹ Artigo submetido ao *Journal of Sports Sciences*

Resumo: Este estudo comparou o tempo de exaustão (TTE) na intensidade da máxima fase estável de lactato (wMLSS) em protocolo contínuo e intermitente, investigando se as variáveis fisiológicas diferem entre estes modos de exercício e ao longo do tempo. Quatorze ciclistas treinados, do sexo masculino, participaram deste estudo. Todos os participantes realizaram um teste incremental máximo; diversos testes com 30 min de duração para determinar a wMLSS; e, dois testes, de forma aleatória, na wMLSS determinada em protocolo contínuo e intermitente (wMLSS_{con} e wMLSS_{int}, respectivamente) até a exaustão em um cicloergômetro. O modelo intermitente foi realizado com 5 min de exercício e pausas de 1 min de recuperação passiva. O TTE na wMLSS_{int} foi maior do que o TTE na wMLSS_{con} (67,8 ± 14,3 vs. 54,7 ± 10,9 min; p < 0,05), mesmo a carga absoluta da wMLSS_{int} sendo mais alta do que a wMLSS_{con} (268 ± 29 vs. 251 ± 29 W; p < 0,05). A concentração de lactato sanguíneo ([La]) na wMLSS_{con} foi menor do que a [La] na wMLSS_{int} (3,8 ± 0,8 vs. 4,6 ± 1,0 mmol·L⁻¹; p < 0,05). O maior TTE encontrado na wMLSS_{int} pode ser explicado pela menor depleção de glicogênio e pelo aumento da contribuição dos lipídios para o metabolismo oxidativo no protocolo intermitente, resultando em um aumento nos níveis de ATP, creatina fosfato e citrato, no final de cada período de recuperação. Estes resultados demonstram que o protocolo intermitente para determinar a wMLSS leva a uma superestimação da potência quando comparado ao método tradicional para determinação da wMLSS. Além disso, o volume de uma sessão de treinamento intervalado na wMLSS deve levar em consideração essa maior potência e TTE, quando comparado ao exercício contínuo.

Palavras-chave: Respostas fisiológicas, Capacidade aeróbia, Performance submáxima, Tempo de exaustão, Exercício intermitente

Abstract: This study compared time to exhaustion (TTE) at maximal lactate steady state intensity (wMLSS) in continuous and intermittent exercise, investigating whether physiological variables differ between these exercise modes and over time. Fourteen trained male cyclists volunteered for this investigation and performed an incremental test, several 30-min tests to determine the wMLSS, and two randomized tests at wMLSS in continuous and intermittent protocols (wMLSS_{con} and wMLSS_{int}, respectively) until exhaustion on a cycle ergometer. The intermittent model was performed with 5 min of cycling, interspaced by

1 min of passive rest. TTE at $wMLSS_{int}$ was longer than TTE at $wMLSS_{con}$ (67.8 ± 14.3 vs. 54.7 ± 10.9 min; $p < 0.05$), even though the absolute $wMLSS_{int}$ was higher than $wMLSS_{con}$ (268 ± 29 vs. 251 ± 29 W; $p < 0.05$). Blood lactate concentration ($[La]$) at $wMLSS_{con}$ was lower than $[La]$ at $wMLSS_{int}$ (3.8 ± 0.8 vs. 4.6 ± 1.0 mmol·L⁻¹; $p < 0.05$), however at TTE these differences disappeared. Thus, the higher TTE found at $wMLSS_{int}$ could be explained by a lower glycogen depletion rate and by an increase in the contribution of lipids to oxidative metabolism in intermittent protocol resulting in an increase in the levels of ATP, creatine phosphate, and citrate at the end of each rest period. These results demonstrate that the intermittent protocol to determine $wMLSS$ leads to an overestimation of the power output of traditional $MLSS$ determination. Moreover, the training volume of an interval session designed at $wMLSS$ should take into consideration this higher power output and also TTE, when compared with continuous exercise.

Keywords: Physiological responses, Endurance capacity, Submaximal performance, Time to exhaustion, Intermittent exercise

Introdução

Por meio da mensuração da concentração de lactato sanguíneo ($[La]$) durante um exercício incremental, é possível assumir a existência de domínios fisiológicos separados por dois típicos pontos de quebra, que são a intensidade em que a $[La]$ começa a aumentar acima da linha de base (i.e. limiar de lactato – LL) e a mais alta intensidade em que a produção e remoção de lactato estão em equilíbrio (i.e. máxima fase estável de lactato – $MLSS$) (Faude, Kindermann & Meyer, 2009). Esses domínios fisiológicos de intensidade têm sido classificados como moderado, pesado e severo, sendo que, em cada um, as respostas fisiológicas ao longo do tempo são diferentes (Gaesser & Poole, 1996).

As respostas cardiorrespiratórias e metabólicas durante o exercício realizado nos diferentes domínios fisiológicos têm sido consideradas essenciais tanto para a prescrição do exercício aeróbio quanto para elaboração de modelos experimentais. Dessa forma, a identificação precisa dos limiares de transição fisiológica é uma estratégia imprescindível para o treinamento, visto que o treino torna-se mais eficaz quando realizado nas intensidades correspondentes a esses limiares.

A intensidade correspondente à MLSS (wMLSS) é considerada o padrão ouro da avaliação da capacidade aeróbia (Beneke, 2003; Billat, Sirvent, Py, Koralsztein & Mercier, 2003; Faude *et al.*, 2009), prescrição do treinamento (Billat, Sirvent, Lepretre & Koralsztein, 2004; Philp, Macdonald, Carter, Watt & Pringle, 2008), e predição da performance (Baron *et al.*, 2008; Brandon, 1995; Denadai, Figueira, Favaro & Gonçalves, 2004). A wMLSS é definida como a mais alta velocidade de corrida ou potência do ciclismo em que a [La] permanece estável durante os últimos 20 min do teste de carga constante (Beneke 1995). Além disso, a wMLSS tem sido considerada o limite entre os domínios pesado e severo (Pringle & Jones, 2002) e, também, o limite superior no qual ainda ocorre estabilidade nas respostas metabólicas e nas trocas gasosas pulmonares, sendo frequentemente indicada para a prescrição do treinamento aeróbio, principalmente para atletas de endurance (Beneke, 1995; Beneke, 2003; Beneke, Leithäuser & Hütler, 2001; Jones & Doust, 1998). Mesmo com a maior ativação da glicólise anaeróbia, pode-se especular que em tais intensidades ocorre um considerável aumento do metabolismo oxidativo da célula muscular. Teoricamente, a maior estimulação do metabolismo oxidativo por períodos prolongados de tempo durante o exercício com pequenas variações na intensidade pode ser considerada a sobrecarga apropriada para o treinamento de endurance (Faude *et al.*, 2009).

Sabe-se que na intensidade de exercício ligeiramente acima do LL ocorre uma elevação, porém constante, da [La] durante o exercício em estado estável, e este pode ser mantido por períodos prolongados de tempo (~ 4 h) (Faude *et al.*, 2009). No entanto, na wMLSS, o exercício pode ser sustentado por 35 a 60 min (Baron *et al.*, 2008; Billat *et al.*, 2004; Fontana, Boutellier & Knöpfli-Lenzin, 2009). Philp *et al.* (2008) analisaram o efeito de oito semanas de um treinamento contínuo e intervalado na wMLSS, em corredores treinados, e encontraram uma melhora da velocidade no LL e na wMLSS. Também foi observado um aumento significativo no consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}).

É importante salientar que a wMLSS geralmente é determinada por meio de protocolos contínuos e de longa duração. Porém, em muitas modalidades, a prescrição do treinamento aeróbio é realizada de forma intermitente, sendo, neste caso, necessária a realização de ajustes na intensidade. O treinamento intervalado tem sido frequentemente utilizado por atletas de endurance (nadadores, ciclistas, corredores e triatletas) como uma estratégia para aumentar a intensidade do exercício (Philp *et al.*, 2008; Seiler & Hetlelid, 2005).

O modelo de exercício intermitente envolve repetidas cargas de alta intensidade (igual ou superior à wMLSS), intercaladas com períodos de recuperação passiva ou ativa, que possibilitam a realização de durações proporcionalmente maiores de atividade na mesma carga absoluta, ou durações similares com cargas mais elevadas (Beneke, Hütler, Von Duvillard, Sellens & Leithäuser, 2003). A partir disso, Beneke *et al.* (2003) verificaram que a wMLSS, quando determinada em protocolo intermitente (wMLSS_{int}), é aproximadamente 10% superior da wMLSS determinada em protocolo contínuo (wMLSS_{con}). Este estudo ressalta a importância do conhecimento das respostas fisiológicas durante o exercício intermitente para a avaliação e a prescrição do treinamento aeróbio. No entanto, para prescrever o treinamento intervalado, é importante conhecer o volume que o atleta consegue permanecer em determinada intensidade, para assim, planejar a aplicação de sobrecarga.

Dessa forma, a determinação do tempo de exaustão (TTE) e das respostas cardiorrespiratórias e metabólicas na wMLSS parecem interessantes, principalmente para uma melhor compreensão dos mecanismos relacionados à fadiga durante o exercício de longa duração (30 min ou mais), realizado tanto de forma contínua quanto intermitente, e, também, para auxiliar na prescrição do treinamento nesta intensidade.

Assim, com base nas referências supracitadas, e considerando a importância da determinação da wMLSS_{int}, pode-se hipotetizar que, embora a wMLSS_{int} seja maior que a wMLSS_{con}, o TTE para ambas intensidades é similar. Assim sendo, o objetivo do presente estudo foi determinar e comparar o TTE na wMLSS em protocolo contínuo e intermitente em ciclistas treinados.

Métodos

Participantes

Quatorze ciclistas treinados, do sexo masculino, participaram deste estudo ($29,7 \pm 5,3$ anos, $76,5 \pm 7,0$ kg, $176,9 \pm 5,6$ cm, $12,6 \pm 4,6$ % gordura corporal). Todos participantes tinham pelo menos três anos de experiência com treinamento e competições de ciclismo. No período que precedeu o estudo, os atletas treinavam 5-6 dias por semana com um volume de treinamento semanal de 320-360 km. O estudo foi realizado de acordo com a Declaração de Helsinki e o protocolo foi aprovado pelo

Comitê de Ética da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

Visão geral do modelo experimental e equipamentos utilizados

Os sujeitos foram instruídos a chegarem ao laboratório em repouso e hidratados, com pelo menos 3 h pós-prandial e a não realizarem exercícios intensos nas 48 h precedentes aos testes. Cada voluntário realizou os testes no mesmo período do dia (± 2 h) para minimizar os efeitos das variações biológicas (Carter, Jones, Maxwell & Doust, 2002). Inicialmente, foram realizadas as medidas de massa corporal (kg), estatura (cm) e espessura de sete dobras cutâneas (peitoral, axilar-média, suprailíaca, abdominal, tricipital, subscapular e coxa) para estimar o percentual de gordura corporal (Jackson & Pollock, 1978). Depois disso, eles realizaram um teste incremental máximo em um cicloergômetro com frenagem eletromagnética (Ergo-fit 167 Cycle, Pirmasens, Alemanha) para determinar o VO_{2max} , a potência aeróbia máxima (P_{max}), a frequência cardíaca máxima (FC_{max}), a ventilação máxima (VE_{max}) e o limiar anaeróbio (LAn).

Para a determinação do LAn, diversos testes de carga constante foram realizados em protocolo contínuo e intermitente com a finalidade de determinar a $wMLSS_{con}$ e $wMLSS_{int}$. Posteriormente, cada atleta realizou um teste até a exaustão (TTE), em ordem aleatória (contínuo vs. intermitente). A cadência preferida ($\pm 5 \text{ rev} \cdot \text{min}^{-1}$) de cada participante foi adotada em todos os testes e permaneceu constante em todo o experimento. Todos os testes para determinação da $wMLSS_{con}$, $wMLSS_{int}$, e TTE contínuo e intermitente (TTE_{con} e TTE_{int} , respectivamente), iniciaram com 5 min de aquecimento a 50% da P_{max} . Os sujeitos realizaram um teste por dia, e estes foram separados por pelo menos 48 h. Cada participante completou todas as avaliações dentro de um período de 3-4 semanas.

O consumo de oxigênio (VO_2) e a ventilação (VE) foram mensurados respiração a respiração utilizando um analisador de gases de circuito aberto (Quark PFT Ergo, Cosmed, Rome, Itália). O analisador foi calibrado imediatamente antes de cada teste usando o ar ambiente (assumido que contém 20,94% de oxigênio e 0,03% de dióxido de carbono) e foi certificado um padrão alfa de gases contendo 16,0% de oxigênio e 5,0% de dióxido de carbono (White Martins Ltda, Osasco, Brasil). A turbina usada para a determinação da ventilação por minuto

teve uma resistência de $<0,7 \text{ cm H}_2\text{O L s}^{-1}$ a uma taxa de fluxo de 12 L s^{-1} e uma acurácia de $\pm 2\%$, sendo calibrada com uma seringa de 3-L (Quark PFT Ergo, Cosmed, Rome, Italy). A frequência cardíaca (FC) foi gravada continuamente durante todo o teste por meio de um monitor de FC incorporado ao analisador de gases. Amostras sanguíneas ($25 \mu\text{l}$) foram coletadas do lóbulo da orelha e foram colocadas dentro de microtubos contendo $50 \mu\text{l}$ NaF (1%), e a [La] foi determinada por um método eletroquímico (YSL 2700 STAT, Yellow Springs, OH, USA).

Teste incremental máximo

O teste incremental máximo iniciou a 105 W e aumentou 35 W , a cada 3 min , até a exaustão voluntária (Denadai *et al.*, 2004). Cada participante foi verbalmente encorajado a atingir o máximo esforço. Os dados de VO_2 e VE foram reduzidos às médias de cada 15 s . O $\text{VO}_{2\text{max}}$ e a VE_{max} foram os valores mais altos obtidos nestes intervalos de 15 s . A obtenção do $\text{VO}_{2\text{max}}$ foi verificada utilizando o critério proposto por Lacour, Padilla-Magunacelaya, Chatard, Arsac & Barthélémy (1991).

As amostras sanguíneas foram coletadas durante os 15 s finais de cada 3 min . A FC_{max} e o pico de [La] ($[\text{La}]_{\text{pico}}$) foram os maiores valores de FC e [La] obtidos durante o teste, respectivamente. A P_{max} foi determinada de acordo com a equação proposta por Kuipers, Verstappen, Keizer, Geurten & Van Kranenburg (1985).

Determinação da $w\text{MLSS}_{\text{con}}$ e $w\text{MLSS}_{\text{int}}$

Para a determinação da $w\text{MLSS}_{\text{con}}$, cada teste de carga constante teve uma duração de 30 min . A potência do primeiro teste correspondeu a [La] de $3,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (LAn), obtido previamente no teste incremental máximo. Amostras sanguíneas foram coletadas no 10° , 20° e 30° min do teste de carga constante.

A intensidade inicial para determinação da $w\text{MLSS}_{\text{int}}$ foi 5% acima da $w\text{MLSS}_{\text{con}}$. A identificação da $w\text{MLSS}_{\text{int}}$ foi similar ao protocolo contínuo, porém com uma duração total de 35 min , devido aos intervalos de 1 min (recuperação passiva) depois de cada 5 min de exercício com uma razão esforço/pausa de $5:1$. Amostras sanguíneas foram coletadas no 11° , 23° e 35° min .

Se durante o primeiro teste de carga constante houvesse uma estabilização ou uma diminuição dos valores de [La], os testes subsequentes seriam realizados com um acréscimo de 5% na potência,

em dias distintos, até a estabilidade da [La] não fosse mais mantida. Por outro lado, se houvesse um aumento na [La] e/ou não pudesse ser completado devido à exaustão, os testes subsequentes seriam realizados com uma redução da carga (5%). A wMLSS, para ambos os protocolos, foi determinada para cada atleta como a mais alta potência que pôde ser mantida com um aumento na [La] menor que $1 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ durante os últimos 20 min de cada protocolo (Beneke, 2003; Figueira, Caputo, Pelarigo & Denadai, 2008; Heck *et al.*, 1985). O valor da [La] na MLSS ($[\text{La}]_{\text{MLSS}}$) foi calculada como sendo a média do 10°, 20° e 30° min da wMLSS_{con} e 11°, 23° e 35° min da wMLSS_{int}.

Determinação do TTE_{con} e TTE_{int}

Todos os sujeitos realizaram um teste até a exaustão na wMLSS_{con} e wMLSS_{int} previamente determinadas. O VO₂, a FC e a VE foram continuamente mensurados de acordo com os procedimentos utilizados no teste incremental máximo. No TTE_{con}, as amostras de lactato sanguíneo foram coletadas a partir do 10° min, a cada 10 min, até a exaustão. Além disso, a partir do 30° min, a cada 10 min, os participantes ingeriram ~ 100 mL de água com a finalidade de evitar a desidratação. No TTE_{int}, as amostras sanguíneas foram coletadas a partir do 11° min, em todos os intervalos, até a exaustão. No protocolo intermitente, os participantes beberam ~ 100 mL de água a partir do 35° min, a cada dois intervalos (10 min).

O TTE_{con} e o TTE_{int} foi o total do tempo de exercício realizado na wMLSS_{con} e na wMLSS_{int}, respectivamente. As pausas do protocolo intermitente não foram contadas para a determinação da duração do teste (TTE_{int}). O critério utilizado para verificar a exaustão, em ambos os protocolos de TTE, foi quando os participantes saíssem da sua cadência preferida ($\pm 5 \text{ rev}\cdot\text{min}^{-1}$) por duas vezes ou parassem de pedalar (Fontana *et al.*, 2009). Porém, como o TTE_{con} e TTE_{int} foram diferentes para os 14 voluntários, o VO₂, a VE e a FC foram expressos e analisados como percentual do TTE_{con} e TTE_{int} entre 20% e 100% do TTE ($t_{20\%}$, $t_{40\%}$, $t_{60\%}$, $t_{80\%}$ e $t_{100\%}$). O valor médio dos últimos 2 min de cada percentual de tempo do TTE foi utilizado. Além disso, as [La] foram analisadas no 10°, 20°, 30° min e no término do exercício no TTE_{con} e no 11°, 23°, 35° e no término do exercício no TTE_{int} (t_{10} , t_{20} , t_{30} , e t_{end}).

Análise estatística

Os dados estão apresentados como média \pm desvio-padrão (DP). A normalidade foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk. O teste t de *Student* para dados pareados foi utilizado para comparar as variáveis (TTE, wMLSS e $[La]_{MLSS}$) entre os dois modos de exercício. A ANOVA *two-way* com medidas repetidas foi utilizada para comparar as mudanças das variáveis fisiológicas no t_{10} , t_{20} , t_{30} , e t_{end} ; durante os resultados expressos como percentual do TTE no TTE_{con} e TTE_{int} ; e entre os exercícios realizados de forma contínua e intermitente. Quando necessário, comparações múltiplas foram realizadas utilizando o *post-hoc* de Bonferroni. A relação entre a FC, VO_2 e VE foram verificadas utilizando o coeficiente de correlação de Pearson. As análises foram realizadas utilizando o programa GraphPad Prism para Windows (v. 5.0 GraphPad Prism Software Inc, San Diego, CA). O nível de significância foi $p < 0,05$ para todas as análises.

Resultados

Teste incremental máximo

Os valores máximos de potência, FC, VO_2 , VE, e $[La]$ obtidos no teste incremental máximo estão reportados na Tabela 1.

Tabela 1. Média \pm DP das variáveis fisiológicas obtidas durante o teste incremental máximo

Variáveis	Valores
P_{max} (W)	$337,4 \pm 32,4$
FC_{max} (bpm)	195 ± 5
VO_{2max} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	$59,9 \pm 9,6$
VO_{2max} ($L \cdot min^{-1}$)	$4,6 \pm 0,6$
VE_{max} ($L \cdot min^{-1}$)	$163,4 \pm 29,5$
$[La]_{pico}$ ($mmol \cdot L^{-1}$)	$11,4 \pm 2,0$

P_{max} = potência máxima aeróbia; FC_{max} = frequência cardíaca máxima; VO_{2max} = consumo máximo de oxigênio; VE_{max} = ventilação máxima; $[La]_{pico}$ = concentração de lactato de pico

Tempo de exaustão

A $wMLSS_{int}$ foi, em média, 6,5% maior que a $wMLSS_{con}$ e, mesmo assim, o TTE na $wMLSS_{int}$ foi 24% maior que na $wMLSS_{con}$ ($p < 0,05$). Além disso, a $[La]_{MLSS}$ foi menor no exercício realizado de modo contínuo que no modo intermitente ($p < 0,05$; Tabela 2).

Tabela 2. Média \pm DP das variáveis fisiológicas no exercício contínuo e intermitente

Variáveis	Contínuo	Intermitente
Potência (W)	251 \pm 29*	268 \pm 29
TTE (min)	54,7 \pm 10,9*	67,8 \pm 14,3
$[La]_{MLSS}$ (mmol·L ⁻¹)	3,8 \pm 0,8*	4,6 \pm 1,0

TTE = tempo de exaustão; $[La]_{MLSS}$ = concentração de lactato sanguíneo na da máxima fase estável de lactato

* $p < 0,05$ comparado ao protocolo intermitente

Os atletas foram capazes de manter um maior percentual da P_{max} na $wMLSS_{int}$ (79,3 \pm 3,2%) que na $wMLSS_{con}$ (74,3 \pm 3,0%; $p < 0,05$). No entanto, eles foram capazes de realizar com quase a mesma FC e VO_2 relativa no TTE_{con} (92,9 \pm 3,4% e 80,1 \pm 6,8%, respectivamente) e TTE_{int} (93,0 \pm 2,7% e 82,6 \pm 5,7%, respectivamente). Os valores de VO_2 , VE e FC nos percentuais do TTE_{con} e TTE_{int} entre 20% e 100% do TTE estão reportados na Tabela 3. Em ambos os protocolos, os valores de VE mostraram as mesmas diferenças significativas. Adicionalmente, de acordo com a Tabela 3, os valores de VO_2 durante o TTE_{int} estão estáveis.

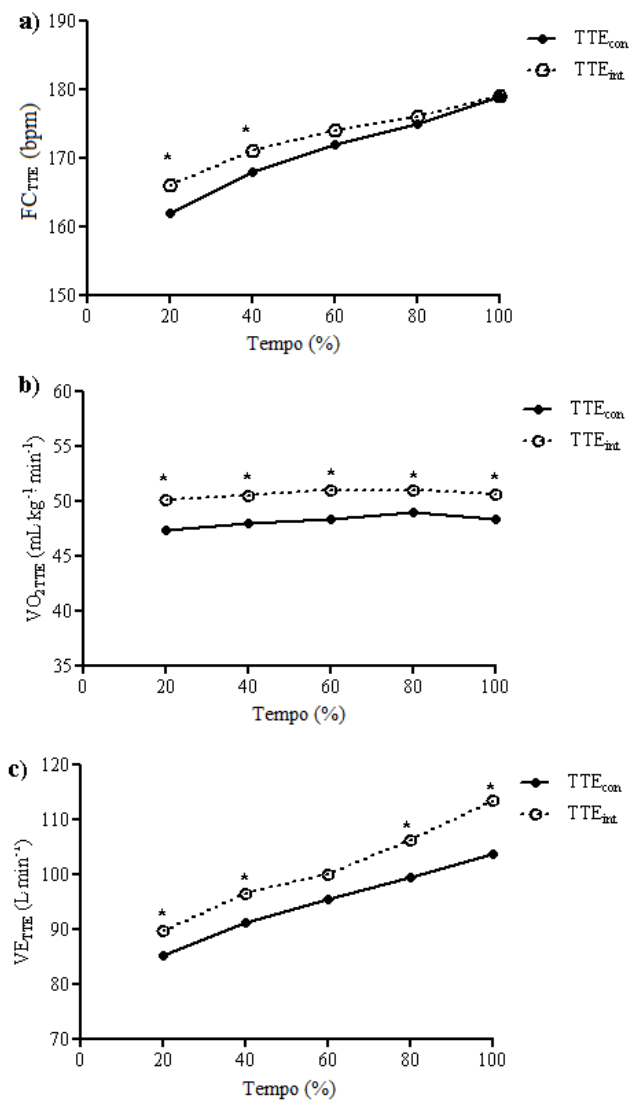
Além disso, os parâmetros cardiorrespiratórios (FC, VO_2 e VE) durante o teste realizado até a exaustão na $wMLSS_{con}$ e $wMLSS_{int}$ estão expostos na Figura 1. O VO_2 no TTE_{int} foi significativamente maior ($p < 0,05$) que o VO_2 no TTE_{con}, em todos os percentuais de tempo do TTE. Por outro lado, os valores de FC não mostraram diferença significativa entre o exercício contínuo e intermitente a partir do $t_{60\%}$ (Fig. 1). Em adição, foram verificadas altas correlações entre o TTE_{con} e TTE_{int} nas variáveis fisiológicas FC, VO_2 e VE ($r = 0,83$; 0,88 e 0,87, respectivamente).

Tabela 3. Média \pm DP da FC, VO_2 e VE durante os percentuais do TTE_{con} e TTE_{int} entre 20% e 100% do TTE ($t_{20\%}$, $t_{40\%}$, $t_{60\%}$, $t_{80\%}$ e $t_{100\%}$)

TTE _{con}			
Tempo (%)	FC (bpm)	VO_2 ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	VE ($L \cdot min^{-1}$)
$t_{20\%}$	162 ± 8^a	$47,3 \pm 6,9^c$	$85,1 \pm 11,1^d$
$t_{40\%}$	168 ± 9^a	$47,9 \pm 6,8$	$91,1 \pm 13,2^e$
$t_{60\%}$	172 ± 9^b	$48,3 \pm 7,5$	$95,5 \pm 16,1^b$
$t_{80\%}$	175 ± 9^b	$49,0 \pm 7,8$	$99,3 \pm 16,4^b$
$t_{100\%}$	179 ± 9	$48,3 \pm 7,4$	$103,7 \pm 19,8$
TTE _{int}			
Tempo (%)	FC (bpm)	VO_2 ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	VE ($L \cdot min^{-1}$)
$t_{20\%}$	166 ± 8^a	$50,1 \pm 7,3$	$89,6 \pm 12,6^d$
$t_{40\%}$	171 ± 8^a	$50,5 \pm 7,3$	$96,5 \pm 12,1^e$
$t_{60\%}$	174 ± 8^a	$51,0 \pm 7,2$	$100,0 \pm 15,3^b$
$t_{80\%}$	176 ± 7^a	$51,0 \pm 7,8$	$106,2 \pm 20,0^b$
$t_{100\%}$	179 ± 7^a	$50,6 \pm 7,7$	$113,3 \pm 23,4$

TTE_{con} = tempo de exaustão contínuo; TTE_{int} = tempo de exaustão intermitente; FC = frequência cardíaca; VO_2 = consumo de oxigênio; VE = ventilação

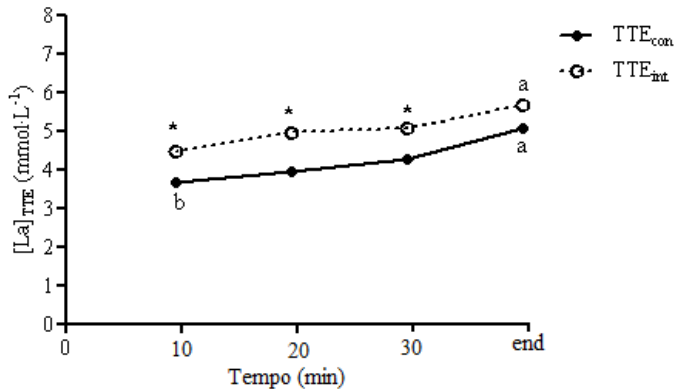
^a $p < 0,05$ comparado à todos os percentuais do TTE dentro do mesmo protocolo; ^b $p < 0,05$ comparado ao $t_{100\%}$ dentro do mesmo protocolo; ^c $p < 0,05$ comparado ao $t_{80\%}$ dentro do mesmo protocolo; ^d $p < 0,05$ comparado ao $t_{60\%}$, $t_{80\%}$, e $t_{100\%}$ dentro do mesmo protocolo; ^e $p < 0,05$ comparado ao $t_{80\%}$ e $t_{100\%}$ dentro do mesmo protocolo.



* $p < 0,05$ comparado ao protocolo contínuo

Fig. 1 Diferenças na FC (a), VO_2 (b), e VE (c) entre o TTE_{con} e TTE_{int} .

Os resultados referentes ao lactato sanguíneo durante o TTE_{con} e TTE_{int} estão expostos na Figura 2. Com exceção do t_{end}, todos os valores reportados no t₁₀, t₂₀ e t₃₀ foram significativamente menores ($p < 0,05$) durante o protocolo contínuo ($3,5 \pm 0,8$; $3,8 \pm 0,8$ e $4,1 \pm 0,9$ mmol·L⁻¹, respectivamente) quando comparado ao protocolo intermitente ($4,3 \pm 1,0$; $4,8 \pm 1,1$ e $4,9 \pm 1,2$ mmol·L⁻¹, respectivamente). Além disso, em ambos os protocolos, o t_{end} ($4,9 \pm 1,2$ e $5,5 \pm 1,8$ mmol·L⁻¹ no TTE_{con} e TTE_{int}, respectivamente) foi significativamente maior que o t₁₀, t₂₀ e t₃₀ (Fig. 2).



* $p < 0,05$ comparado ao protocolo contínuo; ^a $p < 0,05$ comparado ao t₁₀, t₂₀, e t₃₀ do TTE_{con} e TTE_{int}; ^b $p < 0,05$ comparado ao t₃₀ do TTE_{con}

Fig. 2 Diferenças na [La] entre o TTE_{con} e TTE_{int} e diferenças entre o t₁₀, t₂₀, t₃₀, e t_{end} dentro do mesmo protocolo (contínuo e intermitente)

Discussão

O principal achado deste estudo foi que o TTE na wMLSS_{int} foi maior que o TTE na wMLSS_{con} ($67,8 \pm 14,3$ vs. $54,7 \pm 10,9$ min; $p < 0,05$) em ciclistas treinados, mesmo com a carga absoluta da wMLSS_{int} sendo maior que a wMLSS_{con} (268 ± 29 vs. 251 ± 29 W; $p < 0,05$). De fato, a maior potência (6,5%) da wMLSS_{int} verificada na presente investigação, está de acordo com as observações realizadas por Beneke *et al.* (2003). Assim sendo, estes resultados demonstram que o protocolo intermitente para determinar a wMLSS leva a uma superestimação da potência da tradicional determinação da wMLSS. Por outro lado, se o

atleta treinar na $wMLSS_{con}$ utilizando sessões intervaladas, o esforço fisiológico será subestimado, levando a uma prescrição da intensidade de treinamento inapropriada. Este fato foi confirmado por Beneke *et al.* (2003), que demonstraram diferentes respostas no lactato sanguíneo durante a $wMLSS_{con}$ realizada de modo contínuo e intermitente (recuperação passiva de 30 ou 90 s depois de 5 min de ciclismo) com 30 min de duração. A mudança (delta) na [La] durante os últimos 20 min foi maior no ciclismo contínuo ($1,2 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) que no ciclismo intermitente ($0,2 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ com pausas de 30 s e $-0,3 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ com pausas de 90 s), ambos realizados com a mesma intensidade ($wMLSS_{con}$). Portanto, esse estudo ressalta o fato da $wMLSS_{int}$ ser maior que a tradicional determinação da $wMLSS$.

Deste modo, nossa hipótese foi que o TTE durante a $wMLSS$ determinada nos dois tipos de exercício seriam iguais, visto que a $wMLSS_{int}$ seria provavelmente maior. Surpreendentemente, o maior TTE no protocolo intermitente encontrado no presente estudo não suportou esta hipótese. Os mecanismos que podem explicar o maior TTE não estão claros. No entanto, pode-se especular que este fato ocorreu devido a menor depleção de glicogênio e pelo aumento da contribuição dos lipídios para o metabolismo oxidativo no protocolo intermitente, resultando em um aumento nos níveis de adenosina trifosfato (ATP), creatina fosfato (CP) e citrato no final de cada período de recuperação, que suprimiria a glicólise na fase inicial do período de trabalho posterior.

Os períodos de recuperação passiva são marcados por uma rápida redução do VO_2 e FC, e, durante esses períodos, o armazenamento de oxigênio nos tecidos é rapidamente repostado, e a maior parte do ATP e CP depletado, são restaurados no músculo, com 70% dos fosfagênios restaurados dentro de 30 s e 100% dentro de 3 a 5 min (Tomlin & Wenger, 2001). Além disso, durante cada período de recuperação passiva, a taxa glicolítica do músculo anteriormente trabalhado é reduzida, enquanto o consumo de oxigênio de todo o organismo ainda está elevado, como resultado do aumento do consumo de oxigênio pós-exercício (Beneke *et al.*, 2003). Assim, nas condições de saturação do substrato, a taxa de eliminação de lactato está diretamente relacionada ao consumo de oxigênio (Beneke *et al.*, 2003). Isso poderia ajudar a explicar porque a $wMLSS_{int}$ e suas variáveis fisiológicas foram superiores $wMLSS_{con}$.

Para nosso conhecimento, o primeiro estudo que determinou o TTE na $wMLSS_{con}$ foi publicado por Billat *et al.* (2004). O objetivo

desse estudo foi observar o efeito de seis semanas de treinamento na wMLSS, no TTE na wMLSS_{con}, em corredores de endurance. Os autores encontraram que o TTE na wMLSS_{con} foi significativamente maior após o período de treinamento (63 ± 12 vs 44 ± 11 min).

Posteriormente, Baron *et al.* (2008) verificaram que o TTE na wMLSS_{con} foi de $55,0 \pm 8,5$ min em 11 participantes bem treinados, do sexo masculino, durante o ciclismo. Recentemente, Fontana *et al.* (2009) comparou o TTE na wMLSS_{con} entre dois modos de exercício e encontraram valores similares entre o ciclismo ($37,7 \pm 8,9$ min) e corrida ($34,4 \pm 5,4$ min), em 15 triatletas moderadamente treinados. Nestes dois estudos, todos os testes foram realizados em condições laboratoriais, assim como em nossa pesquisa, e as diferenças no TTE na wMLSS_{con} podem ter ocorrido devido aos diferentes níveis de treinamento dos participantes, pelos diferentes percentuais relativos do VO_{2max}, e, também, pelos aspectos motivacionais inerentes aos protocolos de TTE.

Diferentes estudos têm reportado que a wMLSS ocorre entre 70% e 78% do VO_{2max} em ciclistas treinados (Lajoie, Laurencelle & Trudeau, 2000; Beneke *et al.*, 2001; Baron *et al.*, 2003; Beneke *et al.*, 2003; Baron *et al.*, 2008). O percentual do VO_{2max} na wMLSS_{con} nestes estudos podem também ajudar a explicar os diferentes TTE encontrados nesta intensidade. No entanto, as comparações tornam-se limitadas devido aos poucos estudos existentes com esta análise.

Interessantemente, Fontana *et al.* (2009) encontraram um menor TTE na wMLSS_{con}, enquanto a sua amostra apresentou uma wMLSS_{con} de aproximadamente 85% do VO_{2max}, valor superior que a maioria dos estudos que analisaram as respostas cardiorrespiratórias na wMLSS. Este fato pode explicar o menor TTE encontrado por estes autores, quando comparados aos resultados da presente pesquisa e com os demais estudos da literatura (Lajoie *et al.*, 2000; Billat *et al.*, 2004; Baron *et al.*, 2008). Em contraste, os sujeitos da pesquisa conduzida por Baron *et al.* (2008) apresentaram uma wMLSS_{con} correspondente a 71% do VO_{2max} e um TTE substancialmente maior que o encontrado por Fontana *et al.* (2009). No presente estudo, embora o TTE seja similar ao achado por Baron *et al.* (2008), a wMLSS foi 78% do VO_{2max} no protocolo contínuo e 82,5% para o protocolo intermitente.

Ao analisar o comportamento do VO₂ durante o TTE, outros aspectos fisiológicos podem ser contrastados. Baron *et al.* (2008) constataram que os valores médios do VO₂ no TTE não aumentaram significativamente entre o t_{10%} e t_{100%} ($2,73 \pm 0,55$ vs. $2,89 \pm 0,34$ L·min⁻¹

¹). Nossos resultados concordam com esta observação para ambos protocolos do TTE contínuo e intermitente (Tabela 3). Portanto, o componente lento do VO_2 na wMLSS parece não ocorrer ou explicar o menor TTE na wMLSS_{con}.

Além disso, Baron *et al.* (2008) verificaram que o VO_2 , a produção de dióxido de carbono, a razão de troca respiratória (QR), a frequência respiratória e a VE obtida no final do TTE na wMLSS_{con}, permaneceram abaixo dos valores máximos obtidos durante o teste incremental, assim, os parâmetros respiratórios não poderiam ser considerados a causa para o término do exercício durante o TTE. Nossos resultados para o VO_2 e VE no TTE estão de acordo com os achados de Baron *et al.* (2008), em ambos protocolos contínuo e intermitente. Como esperado, no entanto, o VO_2 e a VE foram maiores durante todo o TTE_{int} que durante o TTE_{con} (Fig. 1b, $p < 0,05$). Além disso, os percentuais do TTE_{con} e TTE_{int} demonstraram que a VE aumentou ao longo do tempo, fato também observado com os valores de FC (Tabela 3).

O estudo realizado por Lajoie *et al.* (2000) verificou as mudanças dos parâmetros fisiológicos durante 60 min de exercício na wMLSS_{con}, em ciclistas bem treinados. Eles encontraram que a FC, o VO_2 , a VE e a percepção subjetiva de esforço (PSE) aumentaram ao longo do tempo; o QR diminuiu e a [La] permaneceu estável. Os achados de Fontana *et al.* (2009) mostraram que a exaustão na wMLSS está associada com o aumento da PSE, fato previamente encontrado por Baron *et al.* (2008), que verificaram que a exaustão ocorreu enquanto os parâmetros fisiológicos permaneceram em patamares submáximos.

No presente estudo, a FC durante o TTE_{con} aumentou (*drift* cardiovascular) entre o $t_{20\%}$ e $t_{100\%}$ (162 ± 8 vs. 179 ± 9 bpm). Baron *et al.* (2008) também encontraram que a FC aumentou significativamente entre o $t_{10\%}$ e $t_{100\%}$ (151 ± 19 vs. 175 ± 14 bpm). Adicionalmente, na presente pesquisa verificou-se que a FC durante o TTE_{int} aumentou entre todos os percentuais do TTE (Tabela 3) sem, entretanto, apresentar diferença significativa entre o exercício contínuo e intermitente a partir do $t_{60\%}$ (Fig. 1a).

A elevação nos valores de FC entre o $t_{20\%}$ e $t_{100\%}$ no TTE_{con} e TTE_{int} (Tabela 3) podem ser explicados pelo aumento da atividade do sistema nervoso simpático e pelo aumento da concentração de noraepinefrina circulante, como demonstrado por Baron *et al.* (2003), mas também pela hipertermia e conseqüentemente aos mecanismos associados à manutenção do débito cardíaco e dissipação do calor

(Baron *et al.*, 2008). A elevação da FC também pode parcialmente refletir um aumento do comando central após a diminuição da eficiência muscular associada à fadiga (Woledge, 1998). De fato, a menor eficiência muscular é refletida pelo aumento do VO_2 observado durante o exercício contínuo e, também, associada à maior demanda por ventilação refletida pela maior VE por minuto (Lajoie *et al.*, 2000).

Baron *et al.* (2008) não encontraram mudanças no hematócrito, na concentração de hemoglobina e na osmolaridade entre o $t_{10\%}$ e $t_{100\%}$ do TTE na $w\text{MLSS}_{\text{con}}$, portanto, uma perda progressiva do volume sanguíneo circulante não ocorreu e não poderia ter explicado o *drift* da FC ou o término do exercício. Além disso, eles observaram que a FC no TTE foi significativamente menor que a FC_{max} durante o teste incremental máximo e, deste modo, não poderia ter causado o término do exercício durante o teste na $w\text{MLSS}$ (Baron *et al.*, 2008). Os achados do presente estudo estão de acordo com Baron *et al.* (2008), visto que também encontramos que a FC final no TTE_{con} ($179 \text{ bpm} \pm 9$) e TTE_{int} ($179 \text{ bpm} \pm 7$) foram significativamente menores que a FC_{max} ($\sim 93\%$). No entanto, o FC final foi a mesma para ambos os modos de exercício, o que não ocorreu com as variáveis respiratórias investigadas (Fig. 1). Assim, apesar de não atingir o valor máximo, esse índice cardiovascular pode explicar parcialmente o momento da exaustão, embora os mecanismos para isso não estejam claros.

Tradicionalmente, a resposta da [La] no exercício realizado na $w\text{MLSS}$ tem sido investigada em sessões de 30 min, sempre mostrando estabilidade desta variável sanguínea (aumento menor que $1 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ durante os últimos 20 min). Após os 30 min de exercício, nessa intensidade, a [La] durante o TTE no presente estudo, apresentou diferente resposta quando comparado ao estudo de Baron *et al.* (2008). Nossa investigação demonstrou que a [La] no t_{10} , t_{20} e t_{30} , exceto no t_{end} , foi maior no protocolo intermitente que no contínuo. Além disso, encontramos que a [La] final foi maior que o t_{10} , t_{20} , e t_{30} (Fig. 2), o que mostra uma tendência ao acúmulo de lactato após o 30º min. Por outro lado, Baron *et al.* (2008) encontraram o comportamento oposto, com uma diminuição significativa da [La] no t_{end} quando comparado ao t_{20} e t_{30} . Mais estudos realizados com exercícios acima de 30 min na $w\text{MLSS}$ são necessários para o melhor entendimento da cinética de lactato e sua relação com o metabolismo energético.

Um mecanismo que supostamente poderia ser destacado para elucidar o resultado encontrado, é o maior recrutamento de fibras do tipo II, após os 30 min de exercício, o que poderia explicar o acúmulo

de [La]. Tem sido demonstrado que, durante exercícios prolongados de intensidade moderada/pesada, há um maior recrutamento de fibras do tipo II, devido à depleção das fibras oxidativas (Krustrup, Söderlund, Mohr & Bangsbo, 2004). No entanto, as diferenças na [La] entre o exercício contínuo e intermitente deve ser discutido. Ao comparar o comportamento da [La] após os 30 min durante o TTE_{int} e TTE_{con}, poderíamos supor que o exercício contínuo leva a um maior recrutamento de fibras do tipo II, visto que a [La] apresentou um maior aumento que no exercício intermitente. Entretanto, para confirmar essa hipótese, um estudo com biópsia precisa ser realizado para medir diretamente a depleção de glicogênio nos diferentes tipos de fibras.

Finalmente, estes resultados mostraram que as interrupções/recuperações de teste pode levar a uma superestimação da capacidade de exercício de um atleta e uma prescrição inadequada da intensidade de treinamento, se os resultados destas avaliações forem aplicados diretamente às condições de treinamento sem interrupções. O TTE na wMLSS_{int} foi analisado pela primeira vez no presente estudo e os possíveis mecanismos que explicam estas diferenças entre o TTE_{con} e TTE_{int} não estão claras. Além disso, o volume de treinamento de uma sessão intervalada na wMLSS deve levar em consideração essa maior potência e, também, o maior TTE encontrado, quando comparado com o exercício contínuo. Mais estudos são necessários para esclarecer os mecanismos que envolvem o TTE na wMLSS em protocolos contínuo e intermitente.

Referências

- Baron, B., Dekerle, J., Robin, S., Nevier, R., Dupont, L., Matran, R., Vanvelcenaher, J., Robin, H. & Pelayo, P. (2003). Maximal lactate steady state does not correspond to a complete physiological steady state. *International Journal of Sports Medicine*, 24, 582-587.
- Baron, B., Noakes, T.D., Dekerle, J., Moullan, F., Robin, S., Matran, R. & Pelayo, P. (2008). Why does exercise terminate at the maximal lactate steady state intensity? *British Journal of Sports Medicine*, 42, 528-533.
- Beneke, R. (1995). Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27, 863-867.

- Beneke, R., Leithäuser, R., & Hutler, M. (2001). Dependence of the maximal lactate steady state on the motor pattern of exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 35, 192-196.
- Beneke, R. (2003). Methodological aspects of maximal lactate steady state - implications for performance testing. *European Journal of Applied Physiology*, 89, 95-99.
- Beneke, R., Hütler, M., Von Duvillard, S.P., Sellens, M. & Leithäuser, R.M. (2003) Effect of test interruptions on blood lactate during constant workload testing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35, 1626-1630.
- Billat, V.L., Sirvent, P., Py, G., Koralsztein, J.P. & Mercier, J. (2003). The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports Medicine*, 33, 407-426.
- Billat, V., Sirvent, P., Lepretre, P.M. & Koralsztein, J.P. (2004) Training effect on performance, substrate balance and blood lactate concentration at maximal lactate steady state in master endurance-runners. *Pflügers Archiv – European Journal of Physiology*, 447, 875–883.
- Brandon, L.J. (1995). Physiological factors associated with middle distance running performance. *Sports Medicine*, 19, 268-277.
- Carter, H., Jones, A.M., Maxwell, N.S. & Doust, J.H. (2002) The effect of interdiurnal and diurnal variation on oxygen uptake kinetics during treadmill running. *Journal of Sports Sciences*, 20, 901-909.
- Denadai, B.S., Figueira, T.R., Favaro, O.R.P. & Gonçalves, M. (2004). Effect of the aerobic capacity on the validity of the anaerobic threshold for determination of the maximal lactate steady state in cycling. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 37, 1551-1556.
- Faude, O., Kindermann, W. & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports Medicine*, 39, 469-490.
- Figueira, T.R., Caputo, F., Pelarigo, J.G., & Denadai, B.S. (2008). Influence of exercise mode and maximal lactate-steady-state concentration on the validity of OBLA to predict maximal lactate-steady-state in active individuals. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11, 280-286.
- Fontana, P., Boutellier, U. & Knöpfli-Lenzin, C. (2009) Time to exhaustion at maximal lactate steady state is similar for cycling and running in moderately trained subjects. *European Journal of Applied Physiology*, 107, 187-192.

- Gaesser, G.A. & Poole, D.C. (1996) The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 24, 35-71.
- Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mucke, S., Muller, R. & Hollmann, W. (1985). Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 6, 117-130.
- Jackson, A.S. & Pollock, M.L. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, 40, 497-504.
- Jones, A.M. & Doust, J.H. (1998). The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 1304-1313.
- Krustrup, P., Söderlund, K., Mohr, M. & Bangsbo, J. (2004). Slow-twitch fiber glycogen depletion elevates moderate-exercise fast-twitch fiber activity and O₂ uptake. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 973-982.
- Kuipers, H., Verstappen, F.T., Keizer, H.A., Geurten, P. & van Kranenburg, G. (1985). Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. *International Journal of Sports Medicine*, 6, 197-201.
- Lacour, J.R., Padilla-Magunacelaya, S., Chatard, J.C., Arsac, L. & Barthélémy, J.C. (1991). Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. *European Journal of Applied Physiology*, 62, 77-82.
- Lajoie, C., Laurencelle, L. & Trudeau, F. (2000). Physiological responses to cycling for 60 minutes at maximal lactate steady state. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 25, 250-261.
- Philp, A., Macdonald, A.L., Carter, H., Watt, P.W. & Pringle, J.S. (2008). Maximal lactate steady state as a training stimulus. *International Journal of Sports and Medicine*, 29, 475-479.
- Pringle, J.S. & Jones, A.M. (2002). Maximal lactate steady state, critical power and EMG during cycling. *European Journal of Applied Physiology*, 88, 214-226.
- Seiler, S. & Hetlelid, K.J. (2005). The impact of rest duration on work intensity and RPE during interval training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37, 1601-1607.
- Smith, C.G.M. & Jones, A.M. (2001). The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners. *European Journal of Applied Physiology*, 85, 19-26.

- Tomlin, D.L. & Wenger, H.A. (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Medicine*, 31, 1-11.
- Woledge, R.C. (1998). Possible effects of fatigue on muscle efficiency. *Acta Physiologica Scandinavica*, 162, 267-273.

5 ARTIGO ORIGINAL 2

MÁXIMA FASE ESTÁVEL DE LACTATO E LIMIAR ANAERÓBIO IDENTIFICADO A PARTIR DE DIFERENTES MÉTODOS EM CICLISTAS²

² Artigo aceito no *European Journal of Sport Science* em 27 de novembro de 2010

Resumo: A determinação do limiar anaeróbio de lactato (LAN) durante um único teste incremental tem sido usado geralmente para estimar a intensidade da máxima fase estável de lactato (wMLSS) em diversos esportes. Além disso, este índice pode ser utilizado para prever a performance em provas contrarrelógio no ciclismo e também para prever a intensidade de treinamento, a fim de melhorar a capacidade aeróbia. O objetivo deste estudo foi comparar três diferentes métodos de estimativa do LAN com a wMLSS real, em ciclistas treinados. Quatorze ciclistas treinados participaram deste estudo. Primeiramente, foi realizado um teste incremental máximo no cicloergômetro (35 W a cada 3 min), seguido por dois a cinco testes para determinar a wMLSS (teste de 30 min). A concentração de lactato sanguíneo ([La]), o consumo de oxigênio e a frequência cardíaca foram mensurados durante todos os testes. Com base no teste incremental, foram calculados três LAN utilizando os diferentes métodos propostos: LAN₁ - intensidade correspondente a uma [La] fixa; LAN₂ - mínimo equivalente da relação lactato e carga, acrescentando 1,5 mmol · L⁻¹; LAN₃ - potência do estágio anterior ao segundo aumento de lactato de pelo menos 0,5 mmol · L⁻¹ acima dos valores anteriores, onde o segundo aumento foi maior do que o primeiro. A wMLSS foi determinada para cada participante como a mais alta potência que pôde ser mantida com um aumento na [La] menor que 1 mmol · L⁻¹ durante os últimos 20 min dos testes de fase estável. A ANOVA com medidas repetidas foi utilizada para comparar os índices fisiológicos nos diferentes métodos. A relação entre a wMLSS e a potência do LAN₁, LAN₂ e LAN₃ foi analisada utilizando o coeficiente de correlação de Pearson. Além disso, foi calculado o bias e os limites de concordância entre os três diferentes métodos com a wMLSS real. Os valores médios ± DP da potência referente à wMLSS, LAN₁, LAN₂ e LAN₃ foram 247 ± 33 W, 258 ± 39 W, 248 ± 35 W e 230 ± 36 W, respectivamente. Os resultados mostraram que o LAN₃ subestimou (P<0,05) a wMLSS, e os valores médios foram menores quando comparados com o LAN₁ e LAN₂. Em adição, o LAN₂ mostrou-se mais preciso para estimar a wMLSS do que os outros métodos aqui verificados, ao analisar os valores médios, coeficiente de correlação (r = 0,94) e limites de concordância de Bland-Altman (± 9,5%). O LAN₁ também demonstrou bons valores de predição, apesar de ter apresentado uma tendência a superestimar a wMLSS. Assim, considerando os métodos analisados no presente estudo, e a importância deste índice submáximo aeróbio para a performance em provas contrarrelógio plano

e subidas prolongadas no ciclismo, o método LAN_2 pode ser utilizado com boa precisão por treinadores e atletas.

Palavras-chave: Respostas fisiológicas, Capacidade aeróbia, Potência constante, Ciclismo

Abstract: The lactate anaerobic threshold (AT) determined during an incremental test has been used generally to estimate the maximal lactate steady-state intensity (wMLSS) in several sports. Furthermore, this index could be useful to predict the time-trial cycling performance and also to prescribe training intensity to enhance aerobic capacity. The aim of this study was to compare three different AT estimations with actual wMLSS in trained cyclists. Fourteen trained cyclists participated in this study. They had previously performed a maximal incremental cycling test (35 W each 3 min) in laboratory followed by two to five visits to measure the wMLSS (30-min tests). Blood lactate concentration ([La]), oxygen uptake (VO_2), and heart rate (HR) were measured during all tests. Based on the incremental test, we calculated three ATs using different proposed methods: AT_1 - intensity corresponds to fixed [La]; AT_2 - minimum equivalent of the blood lactate-power output relationship plus $1.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$; AT_3 - power output of the stage antecedent to the second lactate increase of at least $0.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ above the previous values, where the second increase was greater than the first. The wMLSS was determined for each participant as the highest power output that could be maintained with [La] fluctuating less than $1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ during the final 20 min of the steady-state tests. ANOVA with repeated measures was used to compare physiological variables in the different methods. The relationship between the wMLSS and the power output of AT_1 , AT_2 , and AT_3 was analysed using Pearson product-moment correlation coefficients. In addition, we calculated the bias and limits of agreement between the three different methods with actual wMLSS. The mean \pm s values of power output related to wMLSS, AT_1 , AT_2 , and AT_3 were $247 \pm 33 \text{ W}$, $258 \pm 39 \text{ W}$, $248 \pm 35 \text{ W}$, and $230 \pm 36 \text{ W}$, respectively. The results showed that AT_3 underestimated ($P < 0.05$) the wMLSS for most of the participants and provided lower mean values compared with AT_1 and AT_2 . Furthermore, AT_2 seems to be more accurate to estimate wMLSS than other methods here verified when we analysed the mean values, correlation coefficient ($r = 0.94$), and Bland-Altman limits of agreement ($\pm 9.5\%$). The AT_1 also provided good

prediction values, although it presented with a trend to overestimate wMLSS. Therefore, considering the methods analysed in the current study and the importance of this submaximal aerobic index to flat time-trials and prolonged uphill cycling performance, the AT₂ method could be used with good accuracy by coaches and athletes.

Keywords: Physiological responses, Aerobic capacity, Constant power output, Cycling

Introdução

A *performance* de endurance pode ser predita por diferentes índices fisiológicos como o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), a economia de movimento e as respostas do lactato sanguíneo durante o exercício. A intensidade correspondente ao máximo equilíbrio entre a remoção e produção de lactato sanguíneo é um método que tem sido investigado e relacionado à *performance* aeróbia durante as últimas décadas. Dessa forma, a intensidade da máxima fase estável de lactato (wMLSS) tem sido considerada o padrão ouro da avaliação da capacidade aeróbia submáxima (Beneke, 2003; Billat, Sirvent, Py, Koralsztein, & Mercier, 2003; Faude, Kindermann, & Meyer, 2009), prescrição do treinamento (Philp, Macdonald, Carter, Watt, & Pringle, 2008) e predição da *performance* (Brandon, 1995; Denadai, Figueira, Favaro, & Gonçalves, 2004; Baron *et al.*, 2008).

A wMLSS é definida como a mais alta velocidade de corrida, ou potência no ciclismo, em que a concentração de lactato sanguíneo ([La]) permanece estável durante os últimos 20 min de exercício de carga constante (Beneke, 1995). A importância fisiológica desta variável está na delimitação da intensidade de exercício, acima da qual há uma contribuição de energia associada com o acúmulo de lactato devido ao aumento da taxa glicolítica que excede a taxa de utilização de piruvato mitocondrial (Heck *et al.*, 1985). A determinação deste índice aeróbio tornou-se muito popular no diagnóstico da *performance* em diversos esportes de endurance (Jones & Doust, 1998; Harnish, Swensen, & Pate, 2001) e, deste modo, diversos estudos têm procurado uma estimativa adequada da wMLSS durante uma única visita ao laboratório.

A determinação do limiar anaeróbio (LAn) está entre os diversos métodos propostos para identificar a wMLSS, o qual identifica um ponto de equilíbrio entre a produção e remoção de lactato sanguíneo

(Heck *et al.*, 1985). A maioria destes protocolos está baseado na resposta do lactato durante o teste incremental (Bentley, Newell, & Bishop, 2007), que fornece uma curva exponencial da [La] vs. potência (Beneke, 1995; Smith & Jones, 2001). A determinação do LAn (definido como a potência correspondente a [La] de $3.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) como um índice indireto para prever a wMLSS tem sido amplamente investigado pelos pesquisadores e alguns estudos têm mostrado boa validade nos diferentes modos de exercício (Heck *et al.*, 1985; Denadai *et al.*, 2004; Denadai, Gomide, & Greco, 2005; Figueira, Caputo, Pelarigo, & Denadai, 2008). Por outro lado, alguns autores têm discordado da utilização de um valor fixo de lactato como um indicador indireto da wMLSS durante um teste incremental (Kilding & Jones, 2005).

O fato da [La] na wMLSS ([La]MLSS) diferir consideravelmente entre os participantes, levaram alguns autores a concluir que não é confiável a utilização de um valor fixo de [La] como um critério universal para identificar a [La]MLSS (Faude *et al.*, 2009). Por este motivo, alguns estudos tentaram validar outros métodos (Berg, Jakob, Lehmann, Dickhuth, & Huber, 1990; Baldari & Guidetti, 2000) que podem ser utilizados na avaliação da capacidade aeróbia sem a necessidade de duas a cinco avaliações de intensidade constante, a qual requer a presença do atleta no laboratório em diversos dias. Além disso, as análises de correlação e de regressão realizadas por estes estudos determinam a confiabilidade relativa dos métodos, porém não avaliam o *bias* ou a concordância absoluta entre os mesmos (Atkinson & Nevill, 1998).

Deste modo, a partir de um ponto de vista prático e estatístico, seria interessante conhecer a variabilidade absoluta das diferenças individuais entre a wMLSS e outros métodos (Heck *et al.*, 1985; Berg *et al.*, 1990; Baldari & Guidetti, 2000). Um meio adequado para relatar essa variabilidade pode ser por meio dos valores de *bias* e 95% dos limites de concordância, como descrito por Bland e Altman (Faude *et al.*, 2009). Para nosso conhecimento, existe apenas um estudo disponível que aplicou este procedimento de comparação entre os métodos para estimar a wMLSS, no entanto, durante a corrida (Smith & Jones, 2001). Embora a maioria das provas de ciclismo de estrada não seja realizada em uma intensidade constante, a *performance* em provas contrarrelógio plano e em subidas prolongadas, são exceções para esta modalidade (Harnish, Swensen, & Pate, 2001; Lucia *et al.*, 2004; Nevill, Jobson,

Davison, & Jeukendrup, 2006). Este fato justifica a aplicação da wMLSS para o treinamento e *performance* no ciclismo.

Nossa hipótese é que o método proposto por Berg *et al.* (1990) apresente a melhor estimativa da wMLSS, quando comparados com os outros métodos indiretos analisados, pelo fato de considerar a análise individual por meio da relação entre a [La] e potência. Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar o nível de concordância entre a wMLSS e os diferentes métodos de determinação do LAn em ciclistas treinados.

Material e Métodos

Participantes

14 ciclistas treinados do sexo masculino ($n = 14$, $30,0 \pm 6,1$ anos, $74,4 \pm 9,2$ kg, $175,8 \pm 5,7$ cm, $12,5 \pm 4,8\%$ de gordura corporal) participaram desta investigação. Todos atletas tinham pelo menos três anos de experiência com treinamento e competições de ciclismo. No período que precedeu o estudo, os sujeitos treinavam 5-6 dias por semana com um volume de treinamento semanal de 320-360 km. O estudo foi realizado de acordo com a Declaração de Helsinkí e o protocolo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

Visão geral do modelo experimental e equipamentos utilizados

Os participantes não realizaram exercício intenso nas 48 h precedentes aos testes e chegaram ao laboratório com pelo menos 3 h pós-prandial, descansados e hidratados. Cada voluntário realizou os testes no mesmo período do dia (± 2 h) para minimizar os efeitos das variações biológicas. Inicialmente, foram realizadas as medidas de massa corporal (kg), estatura (cm) e de sete dobras cutâneas (peitoral, axilar-média, suprailíca, abdominal, tricipital, subscapular e coxa). Depois disso, eles realizaram um teste incremental máximo em um cicloergômetro com frenagem eletromagnética (Ergo-fit 167 Cycle, Pirmasens, Alemanha) para determinar o LAn, VO_{2max} , potência máxima aeróbia (P_{max}) e frequência cardíaca máxima (FC_{max}). Posteriormente, os participantes realizaram 2-5 testes submáximos de carga constante com a finalidade de determinar a wMLSS e [La]MLSS. A cadência preferida (± 5 rev \cdot min⁻¹) de cada atleta foi adotada em todos os testes e permaneceu constante em todo o experimento. Todos

os testes para determinação da wMLSS iniciaram com 5 min de aquecimento a 50% da P_{\max} . O intervalo entre os testes foram de pelo menos 48 h.

O consumo de oxigênio (VO_2) foi mensurado respiração a respiração utilizando um analisador de gases de circuito aberto (Quark PFT Ergo, Cosmed, Rome, Itália). O analisador foi calibrado imediatamente antes de cada teste usando o ar ambiente (assumido que contém 20,94% de oxigênio e 0,03% de dióxido de carbono) e foi certificado um padrão alfa de gases contendo 16,0% de oxigênio e 5,0% de dióxido de carbono (White Martins Ltda, Osasco, Brasil). A turbina usada para a determinação da ventilação por minuto teve uma resistência de $<0,7 \text{ cm H}_2\text{O L s}^{-1}$ a uma taxa de fluxo de 12 L s^{-1} e uma acurácia de $\pm 2\%$, sendo calibrada com uma seringa de 3-L (Quark PFT Ergo, Cosmed, Roma, Italy). A frequência cardíaca (FC) foi gravada continuamente durante todo o teste por meio de um monitor de FC incorporado ao analisador de gases. Amostras sanguíneas (25 μl) foram coletadas do lóbulo da orelha e foram colocadas dentro de microtubos contendo 50 μl NaF (1%), e a [La] foi determinada por um método eletroquímico (YSL 2700 STAT, Yellow Springs, OH, Estados Unidos).

Teste incremental máximo

O teste incremental máximo iniciou a 105 W e aumentou 35 W, a cada 3 min, até a exaustão voluntária (Denadai *et al.*, 2004). Cada participante foi verbalmente encorajado a atingir o máximo esforço. Os dados de VO_2 foram reduzidos às médias de cada 15 s. O $VO_{2\max}$ foi o valor mais alto obtido no intervalo destes 15 s. A obtenção do $VO_{2\max}$ foi verificada utilizando o critério proposto por Lacour, Padilla-Magunacelaya, Chatard, Arsac, & Bathélémy (1991).

As amostras sanguíneas foram coletadas durante os 15 s finais de cada 3 min. A FC_{\max} e o pico de [La] ($[La]_{\text{pico}}$) foram os maiores valores de FC e [La] obtidos durante o teste, respectivamente. A P_{\max} foi determinada de acordo com a equação proposta por Kuipers, Verstappen, Keizer, Geurten, & Van Kranenburg (1985).

Determinação da wMLSS

Para a determinação da wMLSS, cada teste de carga constante teve uma duração de 30 min. A potência do primeiro teste foi correspondente a [La] de $3.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ (LAN) mensurado durante o

teste incremental máximo (Heck *et al.* 1985; Smith & Jones, 2001; Denadai *et al.* 2004). As amostras sanguíneas foram coletadas no 10°, 20° e 30° min durante os testes de carga constante.

Se durante o primeiro teste de carga constante ocorresse uma estabilização ou uma diminuição dos valores de [La], os testes subsequentes seriam realizados com um acréscimo de 5% na potência, em dias distintos, até a estabilidade da [La] não fosse mais mantida. Por outro lado, se ocorresse um aumento na [La] e/ou não pudesse ser completado devido à exaustão, os testes subsequentes seriam realizados com uma redução da carga (5%). O VO_2 e a FC foram continuamente mensurados de acordo com os procedimentos utilizados no teste incremental máximo. A FC e o VO_2 correspondente a wMLSS foi a média dos valores registrados durante os últimos 20 min do teste da wMLSS.

A wMLSS foi determinada para cada participante como a mais alta potência que pôde ser mantida com um aumento na [La] menor que $1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ durante os últimos 20 min do teste (Heck *et al.*, 1985; Beneke, 2003; Figueira *et al.*, 2008). A [La]MLSS foi calculada como a média das [La] mensuradas no 10°, 20° e 30° min.

Determinação da potência, VO_2 , FC e [La] nos diferentes métodos

O LAn foi calculado utilizando três diferentes métodos por meio da análise dos dados coletados no teste incremental máximo. Os métodos para determinação da LAn estão definidos abaixo:

- a) LAN_1 - Potência correspondente a uma [La] fixa de $3.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ (Heck *et al.*, 1985).
- b) LAN_2 - Interpolação linear do mínimo equivalente da relação lactato sanguíneo e potência, adicionando $1,5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ (Berg *et al.* 1990).
- c) LAN_3 - Potência do estágio anterior ao segundo aumento de lactato de pelo menos $0,5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ acima dos valores anteriores, onde o segundo aumento foi maior do que o (ou igual ao) primeiro (Baldari & Guidetti, 2000).

Análise estatística

Os dados estão apresentados com média \pm DP. A normalidade foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. A ANOVA *one-way* com medidas repetidas foi utilizada para comparações entre as variáveis

fisiológicas nos diferentes métodos e foi complementada pelo teste de Bonferroni, quando necessário. A relação entre a wMLSS e a intensidade do LAN₁, LAN₂ e LAN₃ foram analisadas utilizando o coeficiente de correlação de Pearson. Além disso, foi calculado o *bias* e os limites de concordância (Bland & Altman, 1986) entre os três diferentes métodos com a wMLSS.

As análises foram realizadas por meio do pacote estatístico GraphPad Prism para Windows (v. 5.0 GraphPad Prism Software Inc, San Diego, CA). O nível de significância foi $P < 0,05$ para todas as análises.

Resultados

A Tabela I mostra a P_{\max} , o $VO_{2\max}$ e a FC_{\max} determinados no teste incremental.

Tabela I. Variáveis máximas obtidas durante o teste incremental

P_{\max} (W)	P_{\max} (W·kg ⁻¹)	$VO_{2\max}$ (L·min ⁻¹)	$VO_{2\max}$ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	FC_{\max} (bat·min ⁻¹)
334 ± 37	4,5 ± 0,6	4,5 ± 0,5	60,5 ± 9,6	192 ± 9

Nota: P_{\max} = potência máxima aeróbia; $VO_{2\max}$ = consumo máximo de oxigênio; FC_{\max} = frequência cardíaca máxima.

Os valores de potência, VO_2 , FC e [La] referentes à wMLSS, LAN₁, LAN₂ e LAN₃, estão apresentados na Tabela II. Somente as variáveis estimadas por meio do LAN₃ foram significativamente menores que a wMLSS, LAN₁ e LAN₂. Além disso, altas correlações foram obtidas entre a wMLSS e a potência estimada para o LAN₁ ($r = 0,94$), LAN₂ ($r = 0,94$) e LAN₃ ($r = 0,84$).

Tabela II. Potência, consumo de oxigênio (VO₂), frequência cardíaca (FC) e concentração de lactato sanguíneo ([La]) referentes à MLSS, LAN₁, LAN₂ e LAN₃

	Potência (W)	VO ₂ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	FC (beats·min ⁻¹)	[La] (mmol·L ⁻¹)
MLSS	247 ± 33	47,3 ± 7,0	169 ± 11	3,5 ± 0,6
LAN ₁	258 ± 39	45,6 ± 7,8	167 ± 11	3,5 ± 0,0
LAN ₂	248 ± 35	44,9 ± 7,5	164 ± 12	3,1 ± 0,6
LAN ₃	230 ± 36*	41,7 ± 6,1*	159 ± 15*	2,5 ± 0,8*

Nota: VO₂ = consumo de oxigênio; FC = frequência cardíaca; [La] = concentração de lactato sanguíneo; MLSS = máxima fase estável de lactato; LAN₁ = limiar anaeróbio determinado de acordo com o método de Heck *et al.* (1985); LAN₂ = limiar anaeróbio determinado de acordo com o método de Berg *et al.* (1990); LAN₃ = limiar anaeróbio determinado de acordo com o método de Baldari & Guidetti (2000).

* P<0,05 comparado às intensidades da MLSS, LAN₁ e LAN₂.

A tabela III apresenta a distribuição dos participantes que tiveram o LAN estimado dentro de 5% da wMLSS, abaixo de 5% (subestimado) e acima de 5% (superestimado), para cada método. A partir desta análise, pode-se verificar que o LAN₂ apresentou a melhor estimativa para a maioria dos participantes do estudo, determinando uma potência “precisa” para 10 dos 14 participantes.

Tabela III. Frequência dos participantes que tiveram o LAN estimado dentro de 5% da wMLSS, abaixo de 5% e acima de 5% (n = 14)

	Dentro 5% wMLSS	Abaixo 5% wMLSS	Acima 5% wMLSS
LAN ₁	7	1	6
LAN ₂	10	1	3
LAN ₃	6	7	1

Nota: LAN₁ = limiar anaeróbio determinado de acordo com o método de Heck *et al.* (1985); LAN₂ = limiar anaeróbio determinado de acordo com o método de Berg *et al.* (1990); LAN₃ = limiar anaeróbio determinado de acordo com o método de Baldari & Guidetti (2000).

Adicionalmente, a Figura 1 mostra o *bias* ± 95% dos limites de concordância para comparação entre a wMLSS e LAN₁ (4,2 ± 10,3%), LAN₂ (0,2 ± 9,5%) e LAN₃ (-7,4 ± 16,5%).

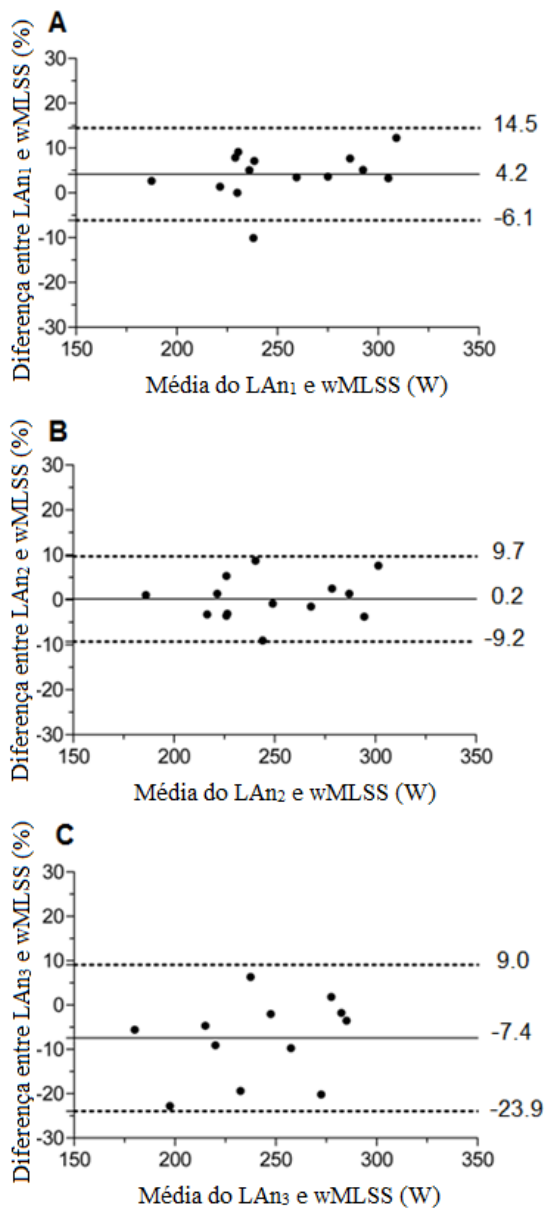


Figura 1. Bland-Altman do LAn₁ vs. wMLSS (a), LAn₂ vs. wMLSS (b) e LAn₃ vs. wMLSS (c).

Discussão

A abordagem da estatística convencional demonstrou que não houve diferença significativa entre os valores de potência e entre as variáveis fisiológicas associadas com a wMLSS, LAN_1 e LAN_2 , sugerindo que ambos os métodos (LAN_1 e LAN_2) podem ser utilizados para identificar a wMLSS. Isto ocorre em nível conceitual quando os valores médios são considerados, porém, os valores do *bias* \pm 95% dos limites de concordância (Bland & Altman, 1986) indicam que, ao avaliar os participantes individualmente, a estimativa de uma variável em função da outra pode resultar em erros significativos. Assim, se a wMLSS for estimada a partir do LAN_1 e LAN_2 em um único participante, o limite de concordância de \pm 95% sugere que a wMLSS pode ser sub ou superestimada em 10,3 e 9,5% para o LAN_1 e o LAN_2 , respectivamente. Dessa forma, se a precisão fosse necessária na prescrição do treinamento, essas estimativas seriam imprudentes, sendo que esse erro relativo é obviamente elevado.

Estudos comparando os diferentes métodos de identificação do LAN para estimar a wMLSS são escassos e os resultados são conflitantes (Urhausen, Coen, Weiler, & Kindermann, 1993; Beneke, 1995; Smith & Jones, 2001; Amann, Subudhi, & Foster, 2006). Os diversos critérios utilizados para identificar o LAN, pode explicar as diferenças encontradas entre os estudos. Assim, a concordância entre o LAN obtido a partir de um teste incremental com a wMLSS obtida por meio de diversos testes de carga constante, pode ser analisada por meio da análise de Bland-Altman, como verificado recentemente por Faude *et al.* (2009).

A análise de Bland-Altman realizada no presente estudo mostrou que o LAN_1 , proposto por Heck *et al.* (1985), e o LAN_2 , proposto por Berg *et al.* (1990), tiveram um poder semelhante para estimar a wMLSS. No entanto, quando nós analisamos as diferenças por meio do valor médio, coeficiente de correlação de Pearson e limites de concordância, a nossa hipótese, que o LAN_2 foi o melhor preditor da wMLSS, pôde ser confirmada. Infelizmente, poucos estudos analisaram e validaram o método (LAN_2) proposto por Berg *et al.* (1990). Este método é vantajoso, pois necessita da realização de um único teste incremental, permitindo a medida individualizada do atleta, evitando, assim, muitos dos problemas inerentes ao LAN_1 .

Nossos resultados do LAN_1 estão de acordo com alguns estudos (Heck *et al.*, 1985; Denadai *et al.*, 2004; Denadai *et al.* 2005; Figueira *et*

al., 2008) que encontraram similaridade entre os valores médios da *wMLSS* e LAN_1 . Por outro lado, Beneke (1995) encontrou que a *wMLSS* foi superestimada pelo LAN_1 , em remadores. Ele reportou um valor médio de 255 W para a *wMLSS* e 287 W para o LAN_1 , sugerindo que o modo de exercício deve influenciar na validade do LAN_1 para estimar a *wMLSS*. Do mesmo modo, Figueira *et al.* (2008), analisando participantes não treinados, verificaram que a validade do LAN_1 para prever a *wMLSS* é também dependente do modo de exercício (ciclismo vs. corrida), sendo que a extensão da discordância é referente às variações individuais da [La]MLSS. Nesse estudo, o LAN_1 subestimou significativamente a *wMLSS* durante o ciclismo, mas não durante a corrida. Da mesma forma, o erro típico de estimativa foi maior no ciclismo (20,7%) que na corrida (5,5%). Este estudo confirma as observações anteriores de Beneke, Leithauser, & Hutler (2001) que relataram que a [La]MLSS é inversamente proporcional à massa muscular específica envolvida no exercício.

Outro estudo (Denadai *et al.*, 2004) comparou o LAN_1 e a *wMLSS*, em ambos participantes treinados e não treinados, durante o ciclismo. Eles concluíram que o LAN_1 foi válido para prever a *wMLSS* para ambos os níveis de treinamento, embora os limites de concordância de $\pm 95\%$ da análise de Bland-Altman tenham sido muito elevados para assumir esta validade (± 32 W). Este valor do limite de concordância foi ligeiramente superior que as nossas observações para o LAN_1 (± 27 W ou 10.3%). Assim, pode-se assumir que o LAN_1 apresenta validade limitada para prever a *wMLSS* durante o ciclismo, embora o coeficiente de correlação entre estes valores seja frequentemente alto ($r > 0.80$).

Considerando as limitações do método LAN_1 para prever a *wMLSS*, alguns pesquisadores (Stegmann, Kindermann, & Schnabel, 1981; Berg *et al.*, 1990; Cheng *et al.*, 1992; Baldari & Guidetti, 2000) propuseram diferentes critérios para identificar o ponto de inflexão da curva de lactato durante o teste incremental, o qual considera a individualidade. Dessa forma, Berg *et al.* (1990) propuseram um método simples e interessante para identificação da *wMLSS*, baseado no teste incremental. Este método (LAN_2) consiste em adicionar um valor fixo de $1,5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ na [La] correspondente ao mínimo equivalente da relação lactato sanguíneo e potência.

Para nosso conhecimento, este é o primeiro estudo que comparou a *wMLSS* com o LAN_2 e com outros métodos. Observando os resultados gerais do presente estudo, pode-se assumir que o LAN_2

apresenta a melhor concordância, quando comparado aos outros métodos analisados, como mostrado pelo mesmo valor médio de potência e pelo alto coeficiente de correlação ($r = 0,94$). Além disso, para a maioria dos ciclistas testados (10 de 14), este método gerou uma potência dentro de 5% da wMLSS (Tabela III). No entanto, ao analisar os limites de concordância do gráfico de Bland-Altman, esta conclusão pode estar imprecisa. Porém, acreditamos que este método pode ser utilizado como alternativa ao tradicional LAN_1 , quando o objetivo é estimar a wMLSS a partir de um teste incremental em ciclistas de endurance.

Há poucos estudos publicados sobre o terceiro método analisado em nosso estudo (Baldari & Guidetti, 2000; Amann *et al.*, 2006). Baseado na análise dos valores médios (potência, FC, VO_2 e [La]), este método subestimou a wMLSS ($\sim 7\%$), e os limites de concordância indicaram que, utilizando o referido método para estimar uma variável em função da outra, de modo individual, pode resultar em um erro significativo ($\pm 16.5\%$). Embora a correlação entre o LAN_3 e a wMLSS tenha sido significativa ($r = 0,84$), o LAN_3 não apresentou validade para estimar a wMLSS para ambas as análises estatísticas convencional e de Bland-Altman.

A proposta do estudo original do LAN_3 (Baldari & Guidetti, 2000) objetivou verificar se esta intensidade seria um indicador válido da wMLSS durante o exercício de corrida prolongada. Os autores observaram a estabilidade da [La] durante os 30 min de corrida na intensidade do LAN_3 e um aumento sistemático no lactato nas intensidades acima do LAN_3 . No entanto, a diferença entre essas intensidades testadas foram cerca de $2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, o que pode ser considerado muito alto para assumir que o LAN_3 representa a wMLSS. Porém, os autores assumiram que o LAN_3 foi uma boa alternativa para prever a wMLSS. Quando estabelecemos uma faixa de 5% de variação na wMLSS para aceitar o LAN_3 como um “bom preditor”, pôde-se observar que 7 dos 14 ciclistas estudados tinham carga de trabalho subestimada ($< 5\%$ wMLSS) a partir do referido método. Assim, pode-se verificar que o LAN_3 não foi válido para estimar a wMLSS.

Em conclusão, o método proposto por Berg *et al.* (1990) para estimar a wMLSS demonstrou ser mais preciso que o modelo tradicional de [La] fixa (LAN_1) e o método proposto por Baldari & Guidetti (2000), pelo menos no ciclismo. Assim, considerando os métodos analisados no presente estudo e a importância deste índice aeróbio submáximo para a *performance* de ciclismo em provas contrarrelógio plano e de subidas

prolongadas, o LAN₂ (a partir de um único teste incremental) pode ser utilizado com boa acurácia por treinadores e atletas. No entanto, estes métodos devem ser utilizados com cautela quando o objetivo for verificar a melhora da *performance* em ciclistas de elite, restringindo os resultados para ciclistas treinados, porém amadores, e especialmente para controlar a intensidade do treinamento específico intervalado e contrarrelógio.

Referências

- Amann, M., Subudhi, A. W., & Foster, C. (2006). Predictive validity of ventilatory and lactate thresholds for cycling time trial performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *16*, 27-34.
- Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, *26*, 217-238.
- Baldari, C., & Guidetti, L. (2000). A simple method for individual anaerobic thresholds as predictor of max lactate steady state. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *32*, 1798-1802.
- Baron, B., Noakes, T. D., Deckerle, J., Moullan, F., Robin, S., Matran, R., & Pelayo, P. (2008). Why does exercise terminate at the maximal lactate steady state intensity? *British Journal of Sports Medicine*, *42*, 528-533.
- Beneke, R. (1995). Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *27*, 863-867.
- Beneke, R. (2003). Methodological aspects of maximal lactate steady state - implications for performance testing. *European Journal of Applied Physiology*, *89*, 95-99.
- Beneke, R., Leithauser, R., & Hutler, M. (2001). Dependence of the maximal lactate steady state on the motor pattern of exercise. *British Journal of Sports Medicine*, *35*, 192-196.
- Berg, A., Jakob, M., Lehmann, H. H., Dickhuth, G., & Huber, J. (1990). Aktuelle Aspekte der modernen ergometrie. *Pneumologie*, *44*, 2-13.
- Bentley, D. J., Newell, J., & Bishop, D. (2007). Incremental exercise test design and analysis: implications for performance diagnostics in endurance athletes. *Sports Medicine*, *37*, 575-586.
- Billat, V. L., Sirvent, P., Py, G., Koralsztein, J. P., & Mercier, J. (2003). The concept of maximal lactate steady state: a bridge between

- biochemistry, physiology and sport science. *Sports Medicine*, 33, 407-426.
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet*, 307-310.
- Brandon, L. J. (1995). Physiological factors associated with middle distance running performance. *Sports Medicine*, 19, 268-277.
- Cheng, B., Kuipers, H., Snyder, A. C., Keizer, H. A., Jeukendrup, A., & Hesselink, M. (1992). A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. *International Journal of Sports and Medicine*, 13, 518-522.
- Denadai, B. S., Figueira, T. R., Favaro, O. R. P., & Gonçalves, M. (2004). Effect of the aerobic capacity on the validity of the anaerobic threshold for determination of the maximal lactate steady state in cycling. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 37, 1551-1556.
- Denadai, B. S., Gomide, E. B., Greco, C. C. (2005). The relationship between onset of blood lactate accumulation, critical velocity, and maximal lactate steady state in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, 364-368.
- Faude, O., Kindermann, W., Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports Medicine*, 39, 469-490.
- Figueira, T. R., Caputo, F., Pelarigo, J. G., & Denadai, B. S. (2008). Influence of exercise mode and maximal lactate-steady-state concentration on the validity of OBLA to predict maximal lactate-steady-state in active individuals. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11, 280-286.
- Harnish, C. R., Swensen, T. C., & Pate, R. R. (2001). Methods for estimating the maximal lactate steady state in trained cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 1052-1055.
- Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mucke, S., Muller, R., & Hollmann, W. (1985). Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 6, 117-130.
- Jackson, A. S., & Pollock, M. L. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, 40, 497-504.
- Jones, A. M., & Doust, J. H. (1998). The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 1304-1313.

- Kilding, A. E., & Jones, A. M. (2005). Validity of a single-visit protocol to estimate the maximum lactate steady-state. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37, 1734-1740.
- Kuipers, H., Verstappen, F. T., Keizer, H. A., Geurten, P., & van Kranenburg, G. (1985). Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. *International Journal of Sports Medicine*, 6, 197-201.
- Lacour, J. R., Padilla-Magunacelaya, S., Chatard, J. C., Arsac, L., & Barthélémy, J. C. (1991). Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. *European Journal of Applied Physiology*, 62, 77-82.
- Lucia, A., Hoyos J., Perez, M., Santalla, A., Earnest, C. P., & Chicharro, J. L. (2004). Which laboratory variable is related with time trial performance time in the Tour de France? *British Journal of Sports Medicine*, 38, 636-640.
- Nevill, A. M., Jobson, S. A., Davison, R. C. R., & Jeukendrup, A. E. (2006). Optimal power-to-mass ratios when predicting flat and hill-climbing time-trial cycling. *European Journal of Applied Physiology*, 97, 424-431.
- Philp, A., Macdonald, A. L., Carter, H., Watt, P. W., & Pringle, J. S. (2008). Maximal lactate steady state as a training stimulus. *International Journal of Sports and Medicine*, 29, 475-479.
- Smith, C. G. M., & Jones, A. M. (2001). The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners. *European Journal of Applied Physiology*, 85, 19-26.
- Stegmann, H., Kindermann, W., & Schnabel, A. (1981). Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *International Journal of Sports and Medicine*, 2, 160-165.
- Urhausen, A., Coen, B., Weiler, B., & Kindermann, W. (1993). Individual anaerobic threshold and maximal lactate steady state. *International Journal of Sports and Medicine*, 14, 134-139.

6 CONCLUSÕES

Síntese das conclusões

Considerando os objetivos dos artigos apresentados, foram elaboradas as seguintes conclusões:

Os achados do primeiro artigo demonstraram que as interrupções/recuperações de protocolos podem levar a uma superestimação da capacidade aeróbia do atleta e, assim, a uma prescrição inadequada da intensidade de treinamento, se os resultados desses testes forem aplicados diretamente às condições de treinamento sem interrupções. Dessa forma, o volume de treinamento de uma sessão intervalada na wMLSS deve levar em consideração a maior potência e, também, o maior TTE encontrado, quando comparado com o exercício contínuo.

Em relação ao segundo artigo, concluiu-se que o método proposto por Berg et al. (1990) para estimar a wMLSS demonstrou ser mais preciso que o modelo tradicional de [La] fixa (HECK et al., 1985) e o método proposto por Baldari e Guidetti (2000), no ciclismo. Assim, considerando os métodos analisados no presente estudo e a importância deste índice aeróbio submáximo para a *performance* de ciclismo em provas contrarrelógio plano e de subidas prolongadas, o protocolo proposto por Berg et al. (1990) pode ser utilizado com boa acurácia por treinadores e atletas. No entanto, os métodos devem ser utilizados com cautela quando o objetivo for verificar a melhora da *performance* em ciclistas de elite, deste modo restringindo os resultados para ciclistas treinados, porém amadores, e especialmente para controlar a intensidade do treinamento específico intervalado e contrarrelógio.

ANEXOS

Anexo 1. Parecer do comitê de ética em pesquisa com seres humanos



Campus Prof. João David Ferreira Lima – CEP 88040-900
Trindade - Florianópolis - Santa Catarina - Brasil | www.cep.ufsc.br / +55 (48) 3721-9206

PARECER CONSUBSTANCIADO - PROJETO Nº 056/09

I – Identificação:

Data de entrada no CEPESH: 18/03/2009.

Título do Projeto: Tempo de exaustão na máxima fase estável de lactato em protocolo contínuo e intermitente no ciclismo.

Pesquisador Responsável: Luiz Guilherme A. Guglielmo.

Pesquisador Principal: Talita Grossi.

Propósito: Pesquisa desenvolvida para Mestrado no PPGEF da UFSC.

Instituição onde se realizará: A pesquisa em questão será realizada no Laboratório de Esforço Físico no Centro de Esportes da UFSC.

II - Objetivos:

- 1) Determinar os índices fisiológicos (FCmax, VO₂max, Pmax e OBLA) no teste incremental máximo no cicloergômetro;
- 2) Determinar a MLSS e MLSSw em protocolo contínuo e intermitente;
- 3) Analisar as respostas fisiológicas (FC, VO₂ e potência) encontradas durante a realização do protocolo contínuo e intermitente da MLSS;

III - Sumário do Projeto:

A MLSS tem sido descrita como a melhor preditora da capacidade aeróbica e é definida como a mais alta intensidade que pode ser mantida ao longo do tempo, sem uma contínua acumulação de lactato no sangue. Entretanto, o Tempo limite na MLSSw ainda não está bem relatado. Este estudo pretende verificar os índices e respostas fisiológicas relacionadas a MLSS, a MLSSw e ao Tempo Limite. O presente estudo caracteriza-se como pesquisa aplicada descritiva e correlacional com abordagem quantitativa. Os sujeitos serão atletas, ciclistas treinados, do sexo masculino com idade entre 20 e 30 anos, com no mínimo dois anos de experiência com o treinamento aeróbico. Os sujeitos serão contatados em suas federações e clubes e convidados para uma reunião com os pesquisadores, na qual serão esclarecidos os objetivos da pesquisa e apresentado o TCLE. Aqueles que aceitarem participar assinarão o TCLE e realizarão os testes no Centro de Esportes da UFSC. Serão medidas a massa corporal, estatura e dobras cutâneas e realizados testes com um cicloergômetro, sendo medida a respiração a partir do gás expirado durante todos os testes. A análise do lactato será realizada através de um analisador eletroquímico. Os registros de umidade e temperatura relativa do ar serão realizados durante os testes com um termômetro/higrômetro digital. Os resultados obtidos neste estudo poderão ser utilizados por

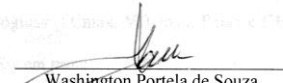
técnicos e profissionais, os quais visam planejar um treinamento mais eficiente, melhorando a performance do atleta e evitando riscos de lesões.

IV - Comentários: A pesquisa apresenta a documentação exigida pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFSC. Os pesquisadores envolvidos com a pesquisa assinaram e se comprometem a aceitar a Resolução número 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. A coleta dos dados apenas terá início após a apresentação e assinatura pelos sujeitos do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Espera-se com esta pesquisa nortear as ações de técnicos e profissionais no âmbito do atletismo, respeitando o tempo limite. Considerando esses aspectos, somos de parecer favorável à aprovação da pesquisa.

V - Parecer:

APROVADO (X)

VI - Data da Reunião: Florianópolis, 30 de março de 2009.


Washington Portela de Souza
Coordenador do CEPESH

Fonte: CONEP/ANVS - Resoluções 196/ 96 e 251/ 97 do CNS.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Pró-Reitoria de Pesquisa e Extensão
Comitê de Ética na Pesquisa em Seres Humanos

CERTIFICADO

Nº 041

O Comitê de Ética na Pesquisa em Seres Humanos (CEPSH) da Pró-Reitoria de Pesquisa e Extensão da Universidade Federal de Santa Catarina, instituído pela PORTARIA N.º 0584/GR/99 de 04 de novembro de 1999, com base nas normas para a constituição e funcionamento do CEPSH, considerando o contido no Regimento Interno do CEPSH, **CERTIFICA** que os procedimentos que envolvem seres humanos no projeto de pesquisa abaixo especificado estão de acordo com os princípios éticos estabelecidos pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - CONEP

APROVADO

PROCESSO: 056/09 FR- 248769

TÍTULO: Tempo de exaustão na máxima fase estável de lactato em protocolo contínuo e intermitente no ciclismo.

AUTOR: Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo e Talita Grossi.

DPTO.: CDS/UFSC

FLORIANÓPOLIS, 30 de março de 2009.


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Coordenador do CEPSH/UFSC - Prof.º Washington Portela de Souza

Anexo 2. Carta de aceite

Preview

From: a.e.jukendrup@bham.ac.uk
To: tallagross@gmail.com, ricardo@indantas.com.br
CC:
Subject: European Journal of Sport Science - Decision on Manuscript ID TEJS-2010-0324.R1
Body: @date to be populated upon sending@@

Dear Miss Gross!

Ref: MAXIMAL LACTATE STEADY-STATE AND ANAEROBIC THRESHOLDS FROM DIFFERENT METHODS IN CYCLISTS

Our referees have now considered your paper and have recommended publication in European Journal of Sport Science. We are pleased to accept your paper in its current form which will now be forwarded to the publisher for copy editing and typesetting. The reviewer comments are included at the bottom of this letter, along with those of the editor who coordinated the review of your paper.

You will receive proofs for checking, and instructions for transfer of copyright in due course.

The publisher also requests that proofs are checked and returned within 48 hours of receipt.

Thank you for your contribution to European Journal of Sport Science and we look forward to receiving further submissions from you.

Sincerely,
 Professor Jukendrup
 Editor in Chief, European Journal of Sport Science
 a.e.jukendrup@bham.ac.uk

Reviewer(s) Comments to Author:

Reviewer: 1
 Comments to the Author
 General comments:
 The manuscript has been significantly improved. The authors have adapted to both general and specific comments. Specifically have the Introduction and Discussion been more clearly written and also stays within the study topic. With these changes the manuscript is publishable.

Specific comments:
 Results:
 With the explanation given by the authors there is no need for the presented alternative Table IV.

Reviewer: 2
 Comments to the Author
 Identifying AT. A much researched topic.

Reviewer: 3
 Comments to the Author
 In general the authors have done a credible job in dealing with my original comments/suggestions for their submission; as such I believe the manuscript has improved considerably. The abstract is now more complete and the conclusions much clearer.
 It is good to see the authors attempt to address the question of performance and its relationship to MLSS (by associating with TT performance), while I still have (mainly) philosophical issues with the link between real cycling performance in the field and MLSS from the lab it would be unfair to push this issue given the generally solid nature of the research, and the fact that numerous other studies face a similar practical issue.
 The Tigs have been corrected as requested and the change to % difference rather than absolute makes the paper much clearer when relating to individual performance.

Editor's Comments to Author:
 Associate Editor
 Comments to the Author:
 (There are no comments.)

There are now over 1050 Taylor & Francis titles available on our free table of contents alerting service! To register for this free service visit: www.informaworld.com/alerting.

Date Sent: 27-Nov-2010

APÊNDICE

Apêndice 1. Termo de consentimento livre e esclarecido



Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Educação Física
Centro de Desportos



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do Projeto: Tempo de exaustão na máxima fase estável de lactato em protocolo contínuo e intermitente no ciclismo

Você está sendo convidado a participar, como voluntário, da pesquisa intitulada: Tempo de exaustão na máxima fase estável de lactato em protocolo contínuo e intermitente no ciclismo a ser realizada junto ao Laboratório de Esforço Físico (LAEF), vinculado ao Centro de Desportos (CDS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). A participação no estudo não envolve nenhum gasto para o participante e todos os materiais necessários serão providenciados pelos pesquisadores. Com sua adesão ao estudo, você ficará disponível para a pesquisa em algumas visitas ao CDS, com duração aproximada de 60 minutos.

1ª Visita - Na primeira sessão, um avaliador preencherá uma ficha com seus dados pessoais e, logo após, você será submetido à avaliação antropométrica, na qual serão realizadas medidas de massa corporal (kg), estatura (cm) e dobras cutâneas (peitoral, axilar média, tríceps, subescapular, abdômem, supra-ilíaca e coxa medial). Em seguida será aplicado um teste incremental máximo no cicloergômetro (ERGOFIT 167 CYCLE), para determinação do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), frequência cardíaca máxima (FCmax), potência máxima (Pmax) e o *onset of blood lactate accumulation* (OBLA). O teste iniciará com carga de 105 W e terá incrementos de 35 W a cada três minutos, até a exaustão voluntária. Ao final de cada estágio, será realizada a coleta de sangue no lóbulo da orelha para mensuração do lactato sanguíneo. Esse procedimento não oferece riscos ao avaliado e os índices determinados neste teste são indicadores do seu

condicionamento aeróbio e fornecerá dados para a prescrição do seu treinamento.

2ª a 5ª Visitas - Para determinação da máxima fase estável de lactato (MLSS) em protocolo contínuo, será realizado um teste de 30 min de carga constante. As coletas para mensuração do lactato sanguíneo serão realizadas no 10º e 30º min da avaliação, em diferentes dias, até a identificação da mesma. A carga (potência) inicial será determinada de acordo com o OBLA individual de cada atleta, mensurada no teste incremental. Caso nessa intensidade não ocorra a MLSS, outro teste de carga constante deverá ser realizado, em dia diferente, até que se determine a MLSS.

Para identificação da MLSS em protocolo intermitente, será realizado o mesmo procedimento, porém, com intervalos de 60s a cada 5min no teste de carga constante de 30min, juntamente com a dosagem de lactato sanguíneo a partir do 10º min.

6ª e 7ª Visita - Na 6ª visita será realizado um teste até a exaustão, na intensidade da MLSS anteriormente encontrada em protocolo contínuo. A coleta de lactato sanguíneo acontecerá no 10º, 30º e no final do teste, ou seja, na exaustão. Para determinação do tempo de exaustão em protocolo intermitente, na 7ª visita, será realizado um teste até a exaustão na intensidade da MLSS anteriormente encontrada em protocolo intermitente. Este protocolo terá interrupções de 60s a cada 5 min até a exaustão. A coleta de lactato sanguíneo acontecerá a partir do 10º min, em cada intervalo, até o final do teste. Os tempos das pausas não serão contados.

Em todas as avaliações a FC e o VO_2 serão monitorados durante todo o teste por meio de um cardiofrequencímetro da marca Polar® (modelo S610i) permitindo o registro do comportamento da FC a cada 5s, e respiração a respiração a partir do gás expirado (K4 b2, COSMED), sendo os dados reduzidos às médias de 15s, respectivamente.

Para participar deste estudo você deve estar apto para realizar exercícios físicos de alta intensidade. Da mesma forma, deve estar ciente que tem a possibilidade de apresentar náuseas e vômito em decorrência do esforço na realização do teste. No entanto, menos de 1%

da população americana apresenta desconforto durante este tipo de teste (*American College of Sports Medicine*).

Os pesquisadores responsáveis por este estudo estarão preparados para qualquer emergência efetuando os primeiros socorros. A sua identidade será preservada, pois cada participante da amostra será identificado por um número.

Quanto aos benefícios e vantagens em participar deste estudo, você contribuirá para o desenvolvimento da ciência, dando possibilidade a novas descobertas e ao avanço das pesquisas; além de ser informado sobre sua composição corporal e limiares de transição metabólica norteadoras do treinamento físico, a partir do repasse do relatório individual de sua avaliação.

As pessoas que o acompanharão serão o Prof. Dr. Luiz Guilherme A. Guglielmo, a professora Talita Grossl, além de alguns colaboradores do LAEF.

Salientamos, ainda, que você poderá retirar-se do estudo a qualquer momento. Do contrário, solicitamos a sua autorização para o uso de seus dados para a produção de artigos técnicos e científicos. A sua privacidade será mantida por meio da não-identificação do seu nome.

Agradecemos desde já a sua colaboração e participação.

CONTATOS:

Prof^a: Talita Grossl
e-mail: talitagrossl@gmail.com

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo
e-mail: luizguilherme@cds.ufsc.br

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE DESPORTOS
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

TERMO DE CONSENTIMENTO

Declaro que fui informado, de forma clara e objetiva, sobre todos os procedimentos do projeto de pesquisa intitulado *Tempo de exaustão na máxima fase estável de lactato em protocolo contínuo e intermitente no ciclismo*. Estou ciente que todos os dados a meu respeito serão sigilosos e que posso me retirar do estudo a qualquer momento. Assinando este termo, eu concordo em participar deste estudo.

Nome por
extenso _____

Assinatura

Florianópolis (SC) ____/____/____

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo
(Pesquisador Responsável/Orientador)

Profa. Mda. Talita Grossl
(Pesquisador Principal/Orientando)