

RENATO APARECIDO CORRÊA CARITÁ

EFEITO DO NÍVEL DO TREINAMENTO AERÓBIO NA DETERMINAÇÃO DO LIMITE
SUPERIOR DO DOMÍNIO PESADO NO CICLISMO

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências
do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual
Paulista, como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Ciências da Motricidade
(Sub-área Biodinâmica da Motricidade Humana).

Orientador(a): CAMILA COELHO GRECO

Rio Claro
2011

RENATO APARECIDO CORRÊA CARITÁ

EFEITO DO NÍVEL DO TREINAMENTO AERÓBIO NA DETERMINAÇÃO DO LIMITE
SUPERIOR DO DOMÍNIO PESADO NO CICLISMO

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Motricidade (Sub-área da Biodinâmica da Motricidade Humana).

Orientador(a): CAMILA COELHO GRECO

RIO CLARO
2011

796.6
C277e Caritá, Renato Aparecido Corrêa
 Efeito do nível do treinamento aeróbio na determinação do limite superior do domínio pesado no ciclismo / Renato Aparecido Corrêa Caritá. - Rio Claro : [s.n.], 2011
 44 f. : il., figs., gráfs., tabs.

 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
 Orientador: Camila Coelho Greco

 1. Ciclismo. 2. Domínio pesado de exercício. 3. Máxima fase estável de lactato sanguíneo. 4. Potência crítica. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE RIO CLARO
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS DE RIO CLARO

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Efeito do nível do treinamento aeróbio na determinação do limite superior do domínio pesado no ciclismo

AUTOR: RENATO APARECIDO CORREA CARITÁ

ORIENTADORA: Profa. Dra. CAMILA COELHO GRECO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE, Área: BIODINÂMICA DA MOTRICIDADE HUMANA, pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. CAMILA COELHO GRECO
Departamento de Educação Física / Instituto de Biociências de Rio Claro

Prof. Dr. FABRIZIO CAPUTO
Universidade Estadual de Santa Catarina / Florianópolis / SC

Prof. Dr. DALTON MÜLLER PESSOA FILHO
Departamento de Educação Física / Faculdade de Ciências de Bauru

Data da realização: 15 de março de 2010.

APOIO FINANCEIRO



**Fundação de Amparo à Pesquisa
do Estado de São Paulo**

PROCESSO N°: 2009/1832-1

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meus pais Laudemir e Sirlei, meus irmãos Marcelo e Júnior. E a minha querida Bruna, por todo o apoio, sacrifício, paciência, pelo carinho e por ser a minha companheira de todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora *Prof^{te} Dra. Camila Coelho Greco*, pelo incentivo, paciência e empenho incondicional em todos os momentos desta dissertação. Agradeço também pela oportunidade, orientação, compreensão, amizade, confiança e todos os ensinamentos transmitidos.

Ao *Professor Dr. Benedito Sérgio Denadaí*, agradeço pelo auxílio na discussão dos dados, pela oportunidade, amizade e pela confiança.

A *Denise, John, Renê, Jean e Laís* pela paciência e por me acolherem tão bem.

Aos colegas de laboratório: *Dalton, Luís Fabiano (Bibi), Renata, Renato Molina, Sérgio Camarda, Natália, Wendel e Felipe*, pelas constantes trocas de conhecimento.

Ao querido casal *Luís e Viviane*, pela amizade sincera e pelos encontros semanais.

À *“todos”* os amigos que direta ou indiretamente auxiliaram no desenvolvimento e conclusão desse trabalho.

À *“todos os sujeitos”* que participaram deste estudo, obrigado pelo esforço.

À **Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp)** pela bolsa concedida.

Resumo

O principal objetivo deste estudo foi analisar e comparar as respostas metabólicas e cardiorrespiratórias durante o exercício realizado na MLSS e PC em indivíduos com diferentes níveis de treinamento aeróbio no ciclismo. Participaram do estudo 7 ciclistas (C) bem treinados, especializados em provas de estrada e 9 sujeitos não treinados (NT), sem experiência prévia de treinamento no ciclismo. Os voluntários realizaram em dias diferentes os seguintes testes, em um cicloergômetro: 1) teste incremental até a exaustão para a determinação do limiar anaeróbio (Lan), consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2max}$) e da intensidade correspondente ao $\dot{V}O_{2max}$ ($I\dot{V}O_{2max}$); 2) 2 a 4 testes de carga constante de 30 minutos em diferentes intensidades para a determinação da máxima fase estável de lactato sanguíneo (MLSS); 3) 3 testes de carga constante a 95, 100 e 110% $I\dot{V}O_{2max}$ até a exaustão voluntária para a determinação da potência crítica (PC), e; 4) um teste de carga constante até a exaustão na PC. A MLSS foi considerada como a maior intensidade de exercício onde a concentração de lactato não aumentou mais do que 1 mM entre o 10^o e o 30^o minuto de exercício. Os valores individuais de potência (95, 100 e 110% $I\dot{V}O_{2max}$) e seu respectivo tempo máximo de exercício (t_{lim}) foram ajustados a partir do modelo hiperbólico de 2 parâmetros para determinação da PC. A PC para ambos os grupos C ($318 \pm 29W$) e NT ($200 \pm 33W$) foi maior significativamente do que a MLSS para os C ($288 \pm 35W$) e NT ($169 \pm 34W$). A MLSS e a PC foram significativamente maiores no grupo C. Em valores relativos ao $\dot{V}O_{2max}$ a MLSS foi maior no grupo C ($83 \pm 7\%$) do que no grupo NT (79 ± 6), porém a PC foi similar entre os grupos ($91 \pm 5\%$ e $90 \pm 5\%$, respectivamente). Da mesma forma, o consumo de oxigênio na PC ($\dot{V}O_{2PC}$) foi significativamente maior do que na MLSS ($\dot{V}O_{2MLSS}$) nos grupos NT (2627 ± 519 e 2323 ± 460 mL.min⁻¹, 11%) e C (3607 ± 505 e 3953 ± 466 mL.min⁻¹, 8%). O componente lento no exercício realizado na PC no

grupo C ($375 \pm 164 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$) foi similar ao grupo NT ($412 \pm 175 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$). Nesta condição o $\dot{V}O_{2\text{max}}$ não foi alcançado (C – $93 \pm 5\%$; NT – $96 \pm 7\%$). Com base nestes resultados pode-se concluir que a PC e a MLSS identificam diferentes intensidades de exercício em sujeitos com diferentes níveis de aptidão aeróbia. Entretanto, o percentual da diferença entre a MLSS e a PC indicam que a relação entre esses dois índices pode depender da aptidão aeróbia.

Palavras-chave: ciclismo, domínio pesado de exercício, máxima fase estável de lactato sanguíneo, potência crítica.

Abstract

The objective of this study was to analyze and to compare metabolic and cardiorespiratory responses during the exercise performed at MLSS and CP in subjects with different aerobic training levels in cycling. Participated of this study, 7 well trained cyclists (C), specialized in road events and 9 non-trained subjects (NT), without previous training experience in cycling. These subjects performed the following protocols in different days in cycloergometer: 1) incremental test until exhaustion to determine anaerobic threshold (AT), maximal oxygen uptake ($\dot{V}O_{2max}$) and the intensity at $\dot{V}O_{2max}$ ($I\dot{V}O_{2max}$); 2) 2 to 4 constant workload tests in different intensities to determine maximal lactate steady state (MLSS); 3) 3 constant workload tests at 95, 100 e 110% $I\dot{V}O_{2max}$ until exhaustion to determine critical power (CP), and; 4) constant workload test until exhaustion at CP. MLSS was considered the highest exercise intensity at which the blood lactate concentration did not increase for more than 1 mM between 10th and 30th minute of the exercise. The individual values of power (95, 100 e 110% $I\dot{V}O_{2max}$) and the respective times (t_{lim}) were adjusted using the hyperbolic model with parameters to determine CP. CP for C ($318 \pm 29W$) and NT ($200 \pm 33W$) was significantly higher than MLSS in C ($288 \pm 35W$) and NT ($169 \pm 34W$). MLSS and PC were significantly higher in C group. In values relative to $\dot{V}O_{2max}$, the MLSS was significantly higher in C ($83 \pm 7\%$) than NT ($79 \pm 6\%$), however CP was similar between groups ($91 \pm 5\%$ and $90 \pm 5\%$, respectively). In the same way, the oxygen uptake at CP ($\dot{V}O_{2PC}$) was significantly higher than at MLSS ($\dot{V}O_{2MLSS}$) for NT (2627 ± 519 e 2323 ± 460 mL.min⁻¹, 11%) e C (3607 ± 505 e 3953 ± 466 mL.min⁻¹, 8%). The slow component at CP in C (375 ± 164 mL.min⁻¹) was similar to NT (412 ± 175 mL.min⁻¹). At this condition, the $\dot{V}O_{2max}$ was not attained (C – $93 \pm 5\%$; NT – $96 \pm 7\%$). With base in these results it can be concluded that CP and MLSS identify different exercise

intensities, in subjects with different aerobic training levels. However, the percentage difference between MLSS and CP indicates that the relationship between these parameters can be dependent on the aerobic training level.

Keywords: cycling, heavy intensity domain, maximal lactate steady state of blood lactate, critical power intensity.

Sumário

	Página
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 Domínios de intensidade de exercício.....	4
2.2 Máxima fase estável de lactato sanguíneo.....	7
2.3 Potência crítica.....	10
3 OBJETIVOS.....	16
3.1 Objetivo geral.....	16
3.2 Objetivos específicos.....	16
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
4.1 Sujeitos.....	17
4.2 Procedimento experimental.....	18
4.3 Protocolo incremental.....	19
4.4 Determinação da máxima fase estável de lactato sanguíneo (MLSS).....	20
4.5 Determinação da potência crítica (PC).....	20
4.6 Análise estatística.....	22
5 RESULTADOS.....	23
6 DISCUSSÃO.....	30
7. CONCLUSÃO.....	36
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
ANEXO I.....	43
ANEXO II.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS

Sigla	Descrição
$\dot{V}O_2$	Consumo de oxigênio
$I\dot{V}O_{2max}$	Intensidade correspondente ao consumo máximo de oxigênio
FC	Frequência cardíaca
FCmax	Frequência cardíaca máxima
Lan	Limiar anaeróbio
PC	Potência crítica
MLSS	Máxima fase estável de lactato sanguíneo
LL	Limiar de lactato
Pmax	Potência máxima
VC	Velocidade crítica
O ₂	Oxigênio
CO ₂	Gás carbônico
%Δ Delta	Diferença % entre o $\dot{V}O_2$ no LL e o $\dot{V}O_{2max}$ ($\Delta\dot{V}O_{2LL} - \dot{V}O_{2max}$)

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características físicas dos sujeitos.....	23
Tabela 2. Valores máximos em média \pm DP obtidos no teste incremental.....	23
Tabela 3. Valores médios \pm DP dos esforços preditivos nas intensidades de 95, 100 e 110% $\dot{V}O_{2max}$, e do tempo limite (t_{lim}), da frequência cardíaca (FC) e da concentração de lactato pico ($[La]_{pico}$) obtidos durante os esforços.....	24
Tabela 4. Valores médios \pm DP obtidos nos testes de máxima fase estável de lactato sanguíneo (MLSS) e potência crítica (PC).....	25
Tabela 5. Variáveis obtidas durante teste realizado na intensidade de PC.....	26

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cinética do consumo de oxigênio e do lactato sanguíneo nos domínios moderado, pesado e severo. Adaptado de Denadai e Caputo (2003).....	6
Figura 2. Resposta do lactato sanguíneo de um determinado sujeito em diferentes intensidades de exercício para determinação da intensidade de máxima fase estável de lactato sanguíneo (MLSS).....	8
Figura 3. Valores médios \pm DP da FC e [La] obtidos durante o teste de MLSS.....	26
Figura 4. Valores médios \pm DP da FC e [La] obtidos durante o teste de PC.....	27
Figura 5. Percentual dos índices fisiológicos de $\dot{V}O_{2LL}$, $\dot{V}O_{2Lan}$, $\dot{V}O_{2MLSS}$ e $\dot{V}O_{2PC}$ em relação ao $\dot{V}O_{2max}$ obtidas para os grupos C (N = 7) e NT (N = 9).....	28
Figura 6. Diferença percentual obtida entre $\dot{V}O_{2PC}$ e $\dot{V}O_{2MLSS}$ para os grupos (NT) e (C).....	29

1. Introdução

Os efeitos atingidos pelo treinamento aeróbio têm como resultado o aumento dos índices fisiológicos como o consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2max}$), a intensidade do limiar de lactato (LL) e a eficiência do movimento (EM) (JONES e CARTER, 2000). Os supostos mecanismos fisiológicos que podem elucidar a melhora desses índices são as adaptações periféricas e centrais adquiridas com a prática regular do exercício em condições aeróbias. Estas adaptações geram um direcionamento para direita da relação potência – tempo (JONES e CARTER, 2000).

Buscando esclarecer o comportamento do organismo perante o exercício em diferentes intensidades, Gaesser e Poole (1996) e Xu e Rhodes (1999) através da análise das respostas respiratórias e metabólicas, classificaram o exercício em três domínios com relação à intensidade de esforço: moderado, pesado e severo.

O domínio moderado corresponde a todas as intensidades de esforço que podem ser realizadas sem a modificação do lactato sanguíneo em relação aos valores de repouso, isto é, abaixo do limiar de lactato (LL). O domínio pesado começa a partir da menor intensidade de esforço onde o lactato sanguíneo se eleva e tem como limite superior, a intensidade de máxima fase estável de lactato sanguíneo (MLSS) ou a intensidade de potência crítica (PC). Para exercícios praticados no domínio severo, os valores de consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) e lactato sanguíneo aumentam durante todo o

tempo de esforço, com os valores de $\dot{V}O_2$ atingindo valores máximos (XU e RHODES, 1999).

A determinação destes domínios de intensidade é importante, pois possibilita aos técnicos um controle dos efeitos do treinamento e o auxílio na elaboração de programas individualizados, importantes para alcançar o sucesso num programa de treinamento (DENADAI e GRECO, 2005). Os índices fisiológicos MLSS e PC são utilizados para a avaliação da capacidade aeróbia em atletas de endurance e também como um dos principais parâmetros para a prescrição do treinamento aeróbio de forma individualizada (BENEKE et al. 1996; BILLAT et al. 2003).

A MLSS é definida como sendo a maior intensidade na qual é encontrado um equilíbrio entre a liberação e a remoção de lactato sanguíneo durante exercício prolongado de carga constante (BENEKE et al., 1996; BENEKE, 2003) apresentando elevada capacidade de predição com a performance aeróbia (JONES e DOUST, 1998). A PC é determinada por meio da relação entre a carga (potência) e o tempo de exaustão (t_{lim}) (MONOD e SCHERER, 1965; MORITANI et al., 1981). Ela é definida como uma intensidade de exercício no qual o indivíduo poderia exercitar-se por um longo período de tempo sem entrar em exaustão (MONOD; SHERER, 1965) e é considerada como uma forma indireta de se estimar a intensidade associada à MLSS (WAKAIOSHI et al., 1993).

No entanto, os dois únicos estudos realizados no ciclismo estacionário (PRINGLE e JONES, 2001; DEKERLE et al., 2003) que compararam a MLSS e a PC num mesmo grupo de sujeitos verificaram que a PC é significativamente correlacionada, porém maior que a MLSS. Desse modo, a PC e a MLSS representariam diferentes

intensidades de exercício e conseqüentemente, apresentam respostas agudas ao esforço (concentração de lactato sanguíneo, $\dot{V}O_2$ e tempo de exaustão) também distintas.

Entretanto, devemos destacar que o estudo de Dekerle et al. (2003) analisou a relação entre MLSS de PC em sujeitos ativos enquanto o estudo de Pringle e Jones (2002) analisou sujeitos com diferentes níveis de aptidão aeróbia (dois ativos, um corredor, dois duatletas e três ciclistas). Portanto, aparentemente a PC parece superestimar a MLSS independentemente do estado de treinamento. Porém, nenhum estudo analisou e comparou a resposta destas variáveis em indivíduos de elevada aptidão aeróbia no ciclismo e sujeitos não treinados. Assim pode ser hipotetizado que: 1) a intensidade correspondente à PC será maior do que de MLSS independente do nível de treinamento aeróbio, e; 2) se esses dois índices representam a mesma entidade, as mesmas responderão de modo similar em indivíduos com diferentes níveis de treinamento aeróbio.

Portanto, torna-se importante tentar entender como se comporta tais índices fisiológicos entre sujeitos com diferentes níveis de aptidão aeróbia, buscando apresentar subsídios teóricos para uma melhor compreensão destes índices, e contribuir para a melhora da avaliação e a prescrição do treinamento aeróbio.

2. Revisão de literatura

2.1 Domínios de intensidade de exercício

No início do exercício, durante a transição do estado de repouso ao exercício, o organismo sofre inúmeros ajustes para que os sistemas fisiológicos possam suprir a demanda energética que está sendo requisitada pelo exercício. As medidas de captação de oxigênio em nível pulmonar e as respostas metabólicas têm sido utilizadas para descrever estas respostas ao esforço (GRASSI, 2000; DENADAI e CAPUTO, 2003) buscando estabelecer respostas que possam auxiliar na tolerância ao exercício.

Através destas respostas metabólicas e respiratórias, Whipp e Ward (1990) e Xu e Rhodes (1999) classificaram as intensidades de esforço como sendo: domínio moderado, pesado e severo de exercício (Figura 1).

No início do exercício chamado de domínio moderado, que compreende todas as intensidades de esforço que podem ser realizadas sem a modificação do lactato sanguíneo em relação aos valores de repouso, isto é, intensidades que são realizadas abaixo ou até o limiar de lactato (LL), a resposta do $\dot{V}O_2$ apresenta três fases distintas. A fase I ou também chamada de cardiodinâmica, com a duração de 15 a 25 segundos, equivalente à transição do estado de repouso para o exercício, onde sugere-se que a elevação $\dot{V}O_2$ seja primariamente devido ao aumento no trabalho cardíaco, e

secundariamente a mudanças no conteúdo venoso de O_2 e nos estoques de gases pulmonares (GAESSER e POOLE, 1996).

Após a fase I ou cardiodinâmica, chamado de fase II, a resposta do $\dot{V}O_2$ continua a aumentar, num modelo mono-exponencial, refletindo nesta fase as mudanças no metabolismo oxidativo muscular (JONES et al., 2005), alcançando o equilíbrio metabólico e respiratório após 2 a 3 minutos de atividade, considerado como o estado estável do $\dot{V}O_2$, chamado de fase III (CARTER et al., 2000b). Neste domínio a concentração de lactato sanguíneo ([La]) aumenta transitoriamente como resultado do déficit inicial de oxigênio, para sustentar a atividade em questão, antes de retornar aos níveis de equilíbrio do exercício estabilizando-se em valores semelhantes ao de repouso (abaixo de 2 mM). Em indivíduos normais esta estabilidade é atingida com 80 – 110 segundos.

Durante o exercício realizado no domínio pesado, que compreende intensidades acima do LL até a MLSS (BILLAT et al., 2003; BENEKE, 2003) ou a PC (HOUSH, 1989; JENKINS e QUIGLEY, 1990; PRINGLE e JONES, 2002), o $\dot{V}O_2$ continua a aumentar, agora apresentando um comportamento bi-exponencial. Neste domínio de exercício, surge um componente adicional, sendo desenvolvido após alguns minutos de exercício (~ 180 segundos) definido como componente lento (CL) (XU e RHODES, 1999), que ocasiona um aumento do $\dot{V}O_2$ e conseqüentemente, atraso do novo estado estável, que é atingido com 10 a 20 minutos de exercício. O valor de estado estável do $\dot{V}O_2$ durante o exercício realizado no domínio pesado é maior do que aquele valor predito pela relação entre $\dot{V}O_2$ vs. intensidade, diferente do encontrado no domínio moderado, onde não há o surgimento do CL (Figura 1). Alguns autores como Carter et

al. (2000) e Sabapathy et al. (2005) propõem que o surgimento do CL está associado ao aumento do recrutamento de unidades motoras do tipo II, que são menos eficientes.

As intensidades de exercício praticadas neste domínio induzem um aumento conhecido do lactato sanguíneo em relação aos valores de repouso, fazendo com que o equilíbrio entre a formação e remoção ocorra em uma concentração mais elevada (> 2 mM). A tolerância ao exercício nestas intensidades tem sido associada ao nível inicial de glicogênio muscular (JONES, 2005).

No exercício praticado no domínio severo (acima da MLSS ou PC) em intensidades abaixo do $\dot{V}O_{2max}$, o $\dot{V}O_2$ eleva-se agora de maneira mono-exponencial. Neste domínio de exercício, o lactato, $\dot{V}O_2$ e a FC não apresentam estabilidade, aumentando seus valores com a duração do exercício. O CL direciona o $\dot{V}O_2$ para seus valores máximos.

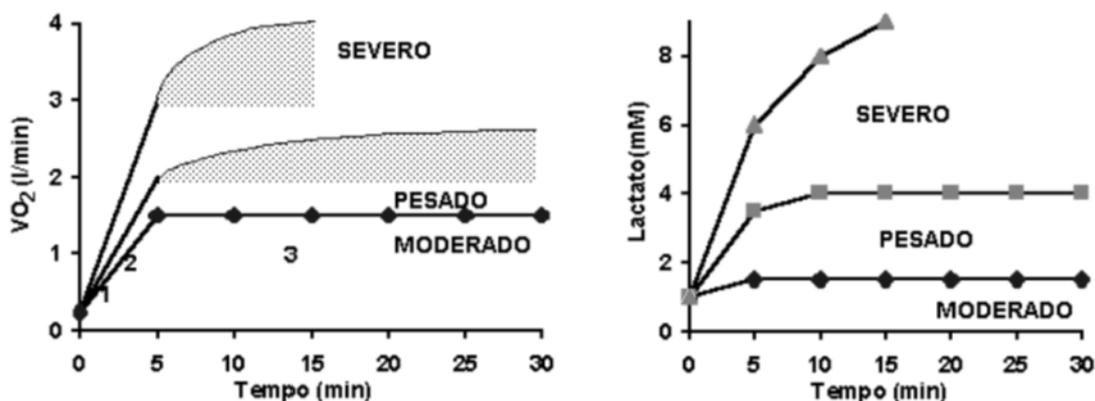


Figura 1. Cinética do consumo de oxigênio e do lactato sanguíneo nos domínios moderado, pesado e severo (abaixo do $\dot{V}O_{2max}$). A área sombreada representa o CL do consumo de oxigênio. Adaptado de Denadai e Caputo (2003).

As características da cinética do $\dot{V}O_2$ podem diferir não somente com a intensidade do exercício, mas também alguns fatores como o treinamento, tipo de fibra

muscular que está sendo utilizada, posição do corpo ou membro utilizado, idade e patologias podem também alterar essa resposta no exercício (XU e RHODES, 1999).

2.2 Máxima fase estável de lactato

A intensidade de MLSS é definida como a maior intensidade de exercício de carga constante, na qual há equilíbrio entre a produção e a remoção do lactato sanguíneo durante o exercício (BENEKE, 2003). Este índice apresenta uma forte relação com a performance em esportes de endurance, sendo utilizado para a avaliação da capacidade aeróbia em atletas, e também como um dos principais parâmetros para a prescrição do treinamento aeróbio de forma individualizada (BENEKE et al. 1996; BILLAT et al. 2003).

Para a determinação da MLSS, são necessários de 3 a 5 testes submáximos de carga constante com 30 minutos de duração em diferentes intensidades (Figura 2). Devido às cargas submáximas serem feitas com 30 min de duração, e com intensidades que variam entre 70% a 90% $\dot{V}O_{2max}$ (BARON et al., 2007; PHILP et al., 2009) os testes são efetuados em dias diferentes para que o indivíduo esteja recuperado do teste anterior. O protocolo para a identificação individualizada da MLSS apresenta em princípio uma desvantagem, pois o indivíduo vem ao laboratório por vários dias, o que pode interferir na rotina de treinamento, caso o mesmo seja atleta.

O critério mais utilizado para a determinação desta variável é o proposto por Beneke et al. (2003) na qual consiste em que a concentração de lactato não aumente mais do que 1 mM nos últimos 20 minutos de exercício. Diversos autores (BENEKE et al. 1996, 2003; DENADAI et al. 2004; BARON et al. 2007; FIGUEIRA et al. 2008; BILLAT, 2004) têm analisado a influência de diferentes fatores como o tipo de

exercício, a idade, o estado do treinamento aeróbio, o tempo de exaustão e o efeito do treinamento sobre a intensidade de MLSS, o que auxilia na melhor compreensão da MLSS.

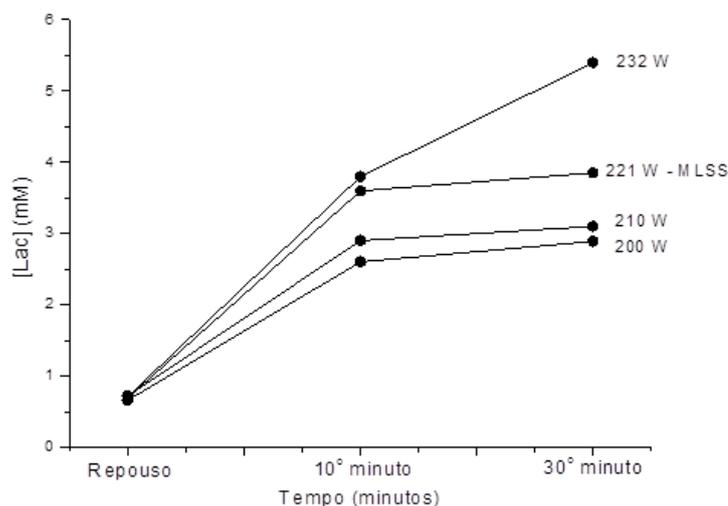


Figura 2. Exemplo da resposta do lactato sanguíneo em diferentes intensidades de exercício para um determinado sujeito. A maior intensidade de exercício de carga constante, na qual podemos observar a estabilidade da concentração de lactato sanguíneo ([La]) nos últimos 20 minutos é definida como a intensidade de máxima fase estável de lactato (MLSS).

Denadai et al. (2004) analisaram o efeito do nível de aptidão sobre a intensidade de MLSS no ciclismo e verificaram que os indivíduos sedentários apresentaram uma menor potência correspondente à MLSS (180,2 W) do que os ciclistas treinados (282,1 W), porém a [La] foi similar entre os dois grupos (4,9 e 5,0 mM, respectivamente). Entretanto, o percentual da intensidade de MLSS em relação à potência máxima (Pmax) foi maior para o grupo de ciclistas (79,5%) em relação aos sedentários (68%).

Beneke et al. (1996) realizaram um estudo com o objetivo de investigar se diferentes tipos de exercício poderiam influenciar a MLSS. Neste estudo, os autores analisaram atletas de diferentes modalidades (remadores, patinadores, ciclistas e triatletas), na qual cada um realizou o seu tipo específico de exercício, e obtiveram

valores de [La] na intensidade de MLSS de 3,1, 6,6 e 5,4 mM respectivamente. Os autores concluem que as [La] na intensidade de MLSS dependem da quantidade de músculo envolvida no exercício realizado. Além disso, os autores encontraram que a intensidade de MLSS independe da Pmax, sendo similar nas diferentes modalidades analisadas (76% no remo, 72% no ciclismo, e 78% na para os patinadores).

Em outro estudo, Figueira et al. (2007) verificaram uma maior [La] na intensidade de MLSS no ciclismo (4,9 mM) em relação à corrida (3,6 mM), analisando os mesmos indivíduos no ciclismo e na corrida. Entretanto, o percentual da intensidade de MLSS foi similar entre os dois tipos de exercício, ciclismo (68% Pmax) e corrida (75% Pmax). Beneke et al. (1996) sugerem que as diferenças encontradas na [La] correspondente à intensidade de MLSS, entre os diferentes tipos de exercício podem ser explicadas em parte pelo padrão motor do exercício executado e pela quantidade de massa muscular dos músculos envolvidos.

Analisando-se o efeito do treinamento na MLSS, Billat et al. (2004) e Philp et al. (2008) verificaram que a intensidade na MLSS é sensível a um programa de treinamento de endurance de curta duração (6 – 8 semanas). Aumentos de 4 – 8% (velocidade e $\dot{V}O_2$) foram encontrados em corredores veteranos ($\dot{V}O_{2max}$ de 55 ml.min⁻¹.kg⁻¹) (BILLAT et al., 2004) e jovens corredores ($\dot{V}O_{2max}$ de 45 ml.min⁻¹.kg⁻¹) (PHILP et al., 2008). Aumentos proporcionais no $\dot{V}O_{2max}$ foram observados nesses dois programas de treinamento, entretanto, quando verificada a MLSS expressa em % $\dot{V}O_{2max}$, não foram encontradas diferenças. Assim, as mudanças fisiológicas causadas pelos protocolos de treinamento destes dois estudos conduzem a aumentos da potência e da capacidade aeróbia, que são parcialmente explicados pelas adaptações periféricas (PHILP et al., 2008).

2.3 Potência crítica

O conceito de PC foi primeiramente proposto por Monod e Scherrer (1965) para grupos musculares sinergistas, sendo este conceito posteriormente estendido por Moritani et al. (1981) no cicloergômetro para todo o corpo. Este conceito de PC é teórico e pressupõe a existência de uma intensidade de exercício que poderá ser mantida por um sujeito infinitamente. Este conceito de PC provém da existência de uma relação hiperbólica entre a carga de trabalho e o tempo que cada carga é sustentada (HILL, 1993).

O conceito matemático de PC fornece a estimativa de dois importantes parâmetros: 1) a maior potência que pode ser mantida ao longo do tempo, proveniente da energia aeróbia, chamada de PC, e; 2) a reserva de energia anaeróbia para intensidades acima da PC, chamada de capacidade de trabalho anaeróbio (CTA) (HOUSH et al., 2001). A obtenção desses parâmetros tem servido à avaliação de atletas, como também à prescrição de um programa de treinamento, ao monitoramento dos efeitos do treinamento e à predição do desempenho (DEKERLE et al., 2002).

O teste de PC é baseado sobre um número de testes de carga constante (cargas preditivas) realizados até a exaustão (HILL, 1993; BULL et al., 2008). Para um cálculo otimizado de PC, são recomendados de três a cinco cargas preditivas (DEKERLE, 2008; VANHATALO e JONES, 2010), com o t_{lim} das cargas selecionadas entre dois e quinze minutos (Di PRAMPERO, 1999), separados por um intervalo de 24 horas (JENKINS e QUIGLEY, 1990).

O protocolo para a determinação da PC apresenta uma desvantagem, que é a necessidade de que o indivíduo realize múltiplos esforços até a exaustão voluntária. Para que a realização do protocolo seja eficaz, os indivíduos devem descansar entre os

esforços preditivos, para permitir uma recuperação completa entre um esforço e outro. Isso impõe a vinda do indivíduo ao laboratório por vários dias, uma vez que exige a realização de 3 a 5 testes para a sua determinação.

Atualmente, cinco diferentes modelos matemáticos são utilizados para calcular a intensidade de PC, sendo dois modelos lineares, dois modelos hiperbólicos e um modelo exponencial, utilizados para estimar a PC (BOSQUET et al., 2006). Entretanto três diferentes modelos são frequentemente utilizados para a determinação deste índice: (equação 1) o modelo linear potência-1/tempo:

$$W_{lim} = (CTA / t_{lim}) + PC \quad \text{equação 1}$$

Quando: W_{lim} = potência, CTA = capacidade de trabalho anaeróbio, t_{lim} = tempo limite e PC = potência crítica.

O segundo modelo matemático equivalente (equação 2) é o modelo linear trabalho-tempo onde:

$$\text{Trabalho} = (PC \times t_{lim}) + CTA \quad \text{equação 2}$$

Quando: Trabalho = joules, PC = potência crítica, t_{lim} = tempo limite e CTA = capacidade de trabalho anaeróbio

E o terceiro modelo matemático (equação 3), chamado de modelo hiperbólico de 2 parâmetros obtido através da relação potência-tempo, onde::

$$t_{lim} = CTA / (W_{lim} - PC) \quad \text{equação 3}$$

Quando: t_{lim} = tempo limite, CTA = capacidade de trabalho anaeróbio, W_{lim} = potência, PC = potência crítica.

Diversos estudos demonstraram que o protocolo para determinação da intensidade PC é dependente de diferentes fatores como: o modelo matemático empregado (BULL et al., 2000; HOUSH et al., 2001; BULL et al., 2008), o nível de aptidão do grupo analisado (HILL et al., 2002; CAPUTO e DENADAI, 2008) e o modo de exercício (Di PRAMPERO, 1999; DEKERLE et al., 2003), no qual podem influenciar na determinação da intensidade de PC.

O número de sessões e a duração das cargas preditivas parecem também interferir na determinação da PC (CALIS e DENADAI, 2000). Bishop et al. (1998) demonstraram que a PC é dependente da duração (t_{lim}) das sessões de cargas preditivas. Isto é, quanto maior a duração das cargas utilizadas na predição menor será a estimativa da intensidade de PC. Neste sentido, di Prampero (1999) aponta que as cargas preditivas selecionadas para a determinação da PC deveriam permitir que o $\dot{V}O_{2max}$ seja alcançado durante o exercício de carga constante, e que o t_{lim} das cargas selecionadas fique entre dois e quinze minutos. Assim, um número de sessões preditivas que possa ser o ideal para determinar com precisão a intensidade de PC, pode este número de sessões variar de 3 a 5 sessões, sendo este número de sessões dependente do modelo matemático que será utilizado, pois quanto maior o número de cargas preditivas menor será o erro associado aos parâmetros estimados de PC e CTA (HILL, 1993).

Entretanto, ao se utilizar modelos matemáticos lineares, é possível ter uma boa precisão ao realizar apenas duas sessões de cargas preditivas para se estimar a PC (HOUSH et al., 1998; DENADAI, 2000).

O treinamento aeróbio também provoca aumento da PC. Em um estudo realizado por Jenkins et al. (1992), os autores verificaram um aumento na PC após 8 semanas de treinamento em indivíduos não treinados. Em um modelo transversal, Caputo e Denadai

(2008) encontraram valores percentuais de PC significativamente maiores para os ciclistas (86% $I\dot{V}O_{2max}$) em relação ao grupo de sujeitos não treinados (79% $I\dot{V}O_{2max}$) mostrando que o efeito do treinamento aeróbio pode afetar na estimativa de PC.

Diversos estudos têm aplicado o conceito de PC em diferentes modalidades como na natação (DEKERLE et al. 2009; TAKAHASHI et al., 2009), no ciclismo (HILL et al., 2002; BRIKLEY et al. 2005), na corrida (KRANENBURG & SMITH, 1996; MORTON e BILLAT, 2004) e no futebol (DENADAI et al., 2005), por meio da inclinação da reta de regressão linear obtida entre a distância e o tempo, sendo descrita como velocidade crítica (VC).

Todos estes fatores acima citados podem de alguma forma apresentar estimativas diferentes da intensidade e também influenciar a validade da PC (HILL e FERGURSON, 1999) como índice de avaliação da capacidade aeróbia, já que as diferentes intensidades que podem ser obtidas podem ter efeitos consideráveis sobre a performance, como no t_{lim} e conseqüentemente, na demanda energética que estará sendo requisitada durante o exercício. Estas diferenças podem dificultar a compreensão da PC como o ponto de demarcação entre o domínio pesado e severo de exercício (POOLE et al., 1988, 1990; GAESSER e POOLE, 1996; HILL e FERGURSON, 1999).

Alguns estudos têm sugerido que a PC ou VC pode ser uma forma indireta de identificação da MLSS (WAKAIOSHI et al., 1993; VANDEWALLE et al., 1997), assumindo que a PC seria a intensidade onde existe o máximo equilíbrio fisiológico e estabilidade dos principais parâmetros metabólicos e respiratórios, tais como, [La], ventilação pulmonar, $\dot{V}O_2$ e pH como descritos por Jenkins e Quigley (1990) e também por Poole et al. (1988, 1990). Entretanto, estudos mais recentes têm colocado em

questão a validade da PC para estimar a MLSS (SMITH e JONES, 2001; PRINGLE e JONES, 2002; DEKERLE et al., 2003; 2005; DENADAI et al., 2005).

As intensidades de MLSS e PC têm sido apontadas como sendo o limite superior do domínio pesado. No entanto, estudos têm verificado que há uma diferença nos valores destas intensidades (PRINGLE; JONES, 2002; DEKERLE et al. 2003). Pringle e Jones (2002) sugerem que a MLSS é o limite superior do domínio pesado, já que em seu estudo a $[La]$ e o $\dot{V}O_2$ não apresentaram estabilidade acima desta intensidade. No entanto, Poole et al. (1988) e Hill et al. (2002) sugerem que a PC é o limite superior do domínio pesado, já que o $\dot{V}O_2$ apresentou estabilidade durante exercício realizado na intensidade de PC e atingiu valores máximos quando analisados acima desta intensidade. Dekerle et al. (2003) também verificaram diferenças significativas entre a PC (278 W) e a MLSS (222 W), demonstrando que a PC está numa intensidade acima da MLSS, mas abaixo do $\dot{V}O_{2max}$.

Pringle e Jones (2002) também encontraram valores de PC (242 W) superiores à MLSS (222 W) em indivíduos ativos. Mais recentemente, Denadai et al. (2005) verificaram resultados similares em jogadores de futebol, já que a VC (14,4 km/h) foi maior do que a MLSS (13,1 km/h), embora esta não tenha sido diferente da velocidade do limiar anaeróbio (L_{an}) (3,5 mM de $[La]$) (13,6 km/h). Dekerle et al. (2005) analisaram na natação a mesma tendência da VC (1,31 m/s) em superestimar a MLSS (1,24 m/s). Neste sentido, Pelayo et al. (2007) sugerem a existência de um quarto domínio de exercício nas intensidades entre a MLSS e a PC/VC, denominado muito pesado, no qual não há a estabilidade da $[La]$, porém o $\dot{V}O_{2max}$ não é atingido nesta intensidade.

Confirmando a diferença de intensidade entre a MLSS e a PC, Baron et al. (2008) encontraram um t_{lim} de 55 minutos nesta intensidade em indivíduos treinados, enquanto que Brickley et al. (2002) encontraram aproximadamente 29 minutos de exercício até a exaustão na PC.

3. Objetivos

3.1 Geral

Determinar e comparar, em sujeitos com diferentes níveis de treinamento, as respostas metabólicas e cardiorrespiratórias na MLSS e PC, considerados como parâmetros que limitam as características limite superior do domínio pesado no ciclismo.

3.2 Específicos

a) Analisar a influência do estado do treinamento aeróbio ao comparar as intensidades de MLSS e PC durante o ciclismo em indivíduos com diferentes níveis de aptidão aeróbia, expressas em valores absolutos e relativos.

b) Analisar as respostas pontuais da $[La]$ e $\dot{V}O_2$ durante o exercício realizado na intensidade de PC em ciclistas treinados e sujeitos não treinados;

4. Material e métodos

4.1 Sujeitos

Participaram deste estudo indivíduos do gênero masculino, com idade entre 20 a 35 anos, divididos em dois grupos: 1) Ciclistas (C) com engajamento mínimo de três anos de experiência com treinamentos efetuados na modalidade, especializados em provas de pista, com participações em competições no nível estadual e nacional, em fase de treinamento com volume semanal de aproximadamente 400 km, familiarizados com o cicloergômetro e 2) Não treinados (NT), sujeitos não engajados em nenhum tipo de treinamento específico e sem experiência prévia com treinamento regular no ciclismo.

Foram selecionados indivíduos considerados saudáveis, não fumantes e que não façam uso regular de qualquer tipo de medicamento. Toda e qualquer informação individual obtida durante este estudo foi sigilosa entre o pesquisador e o voluntário, inclusive um relatório final que será entregue ao voluntário sobre todos os testes realizados.

Os métodos utilizados no presente estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética de Pesquisa em seres humanos da Universidade Estadual Paulista – UNESP, ofício número 094/2009 (Anexo I). Antes de serem submetidos ao estudo, os voluntários assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido onde foram informados sobre

todos os procedimentos bem como os riscos e benefícios envolvidos na pesquisa (Anexo II).

4.2 Procedimento experimental

Inicialmente, os sujeitos tiveram suas medidas antropométricas mensuradas: massa corporal, estatura (Filizola, modelo 31, São Paulo, Brasil). Posteriormente os atletas realizaram um teste incremental para determinar o LAn, o $\dot{V}O_{2\max}$ e a intensidade correspondente ao $\dot{V}O_{2\max}$ ($I\dot{V}O_{2\max}$). Posteriormente, realizaram os seguintes procedimentos experimentais: (1) 2 - 4 testes para determinar a intensidade de MLSS, (2) 3 testes preditivos para determinar a intensidade de PC e 1 teste até a exaustão na intensidade de PC. Estes procedimentos foram executados dentro de um período de 3 - 4 semanas. Todos os sujeitos participaram de um sorteio definindo qual protocolo foi efetuado. Ao todo foram realizados 7 ou 8 sessões de testes para a determinação da MLSS e da PC. Os testes foram separados por pelo menos 24 h e foram realizados nos mesmos horários do dia (± 2 h), em um laboratório com temperatura controlada (21-22°C). Os indivíduos foram instruídos a não se exercitar exaustivamente no dia anterior à avaliação e a comparecerem alimentados e hidratados no dia do teste.

4.3 Protocolo incremental

Os sujeitos foram submetidos a um exercício contínuo de cargas crescentes com frequência de pedalada entre 70 e 90. Com intensidade inicial de 35 W para o grupo NT e 105 W para o grupo C com incrementos de 35 W a cada três minutos até a exaustão voluntária, em um cicloergômetro de frenagem eletromagnética modelo *Excalibur Sport* (Lode BV, Croningen, Holanda).

Ao final de cada estágio (três minutos), foram coletadas amostras de sangue para determinação da [La]. Foram coletados 25µl de sangue arterializado do lóbulo da orelha através de um capilar heparinizado e imediatamente transferidos para microtúbulos de polietileno, com tampa tipo Eppendorff de 1,5ml contendo 50µl de NaF (1%). A mensuração da [La] foi feita através de um analisador eletroquímico (YSL 2300 STAT, Yellow Springs, Ohio, E.U.A.). A potência correspondente ao LAn (3,5 mM de [La]) foi determinada por uma interpolação linear (lactato vs. intensidade) (Denadai et al., 2004).

O $\dot{V}O_2$ foi mensurado respiração a respiração durante todo o protocolo a partir do gás expirado (Quark PFTergo – Cosmed, Itália), sendo os dados reduzidos às médias de 15 segundos. A calibração dos sistemas de análise das concentrações de O_2 e CO_2 foi executada antes de cada teste, usando ar ambiente e um gás com concentrações conhecidas de O_2 e CO_2 , de acordo com as instruções do fabricante. A turbina do analisador foi calibrada por meio de uma seringa de 3 litros. O $\dot{V}O_{2max}$ foi considerado como o maior valor de 15 s obtido durante o teste (CAPUTO e DENADAI, 2008).

Todos os sujeitos conseguiram atingir pelo menos dois dos três critérios adotados para comprovar o atingimento do $\dot{V}O_{2max}$: (1) razão de trocas respiratórias (R) maior do que 1,1; (2) [La] maior do que 8 mM; (3) frequência cardíaca (FC) atingida no final do teste maior ou igual a 90% da idade predita.

A $I\dot{V}O_{2max}$ foi considerada como sendo a menor intensidade de exercício na qual ocorreu o $\dot{V}O_{2max}$ (BILLAT e KORALSZTEIN, 1996). A FC foi mensurada por meio da utilização de um monitor cardíaco (A3, Polar Electro, Finland).

Para o cálculo da potência correspondente ao $\dot{V}O_{2\max}$ ($P\dot{V}O_{2\max}$) como também do $\dot{V}O_2$ correspondente ao LL, Lan, MLSS e a PC, foi feita uma análise de regressão com os valores de $\dot{V}O_2$ e potência obtidos no protocolo incremental, para determinar o intercepto e a inclinação ($\Delta\dot{V}O_2/\Delta\text{Potência}$) da relação $\dot{V}O_2$ -potência para cada estágio.

4.4 Determinação da máxima fase estável de lactato sanguíneo

Para a determinação da MLSS, foram realizados 2 a 4 testes/tentativas de carga constante com duração de 30 minutos, a primeira tentativa teve como carga constante a intensidade de 100% Lan. Nas próximas tentativas foram realizados com aumentos ou reduções de 5% na potência entre cada teste/tentativa, até que se atingisse a estabilidade na [La]. A coleta para análise da [La] foi feita no décimo e no trigésimo minuto, sendo considerado para esta determinação um aumento não superior a 1.0 mM após o décimo minuto (20 minutos finais) conforme proposto por Beneke (2003).

4.5 Determinação potência crítica

Para a determinação da PC, foram realizados três esforços preditivos de carga constante até a exaustão voluntária, para determinar o t_{lim} nas intensidades de 95, 100 e 110% da intensidade correspondente ao $\dot{V}O_{2\max}$. Os sujeitos realizaram um aquecimento de 5 min a 50% $I\dot{V}O_{2\max}$, a seguir repousaram por 5 minutos no cicloergômetro, os indivíduos foram instruídos a pedalar o maior tempo possível em cada um dos esforços preditivos até não conseguir manter a cadência estipulada (< 67 rpm) (CAPUTO e DENADAI, 2008) ou com a exaustão voluntária. Foram realizadas coletas de sangue no 1º, 3º, 5º, 7º e 9º minuto após o exercício, para a determinação da [La] pico ($[La]_{pico}$). O

t_{lim} foi considerado como o tempo total de esforço mantido na intensidade e expresso em segundos. Antes da realização de cada teste preditivo, foi executado um sorteio para a realização dos testes em ordem aleatória, todos os testes preditivos foram realizados em dias diferentes. Os valores individuais de potência e t_{lim} foram ajustados a partir do modelo hiperbólico de 2 parâmetros (HILL, 1993):

$$t_{lim} = CTA / (W_{lim} - PC)$$

Quando: t_{lim} = tempo limite, CTA = capacidade de trabalho anaeróbio, W_{lim} = potência, PC= potência crítica.

Para a realização desse ajuste foi utilizado o programa Origin 7.5 (Northampton, MA, USA). Os equipamentos utilizados para a determinação da PC, $\dot{V}O_2$ e FC foram os mesmos descritos anteriormente.

Após determinar a intensidade de PC, os sujeitos realizaram um teste até a exaustão voluntária na intensidade de PC. Os sujeitos realizaram um aquecimento de 5 min a 50% $I\dot{V}O_{2max}$, a seguir repousaram por 5 minutos no cicloergômetro. Os sujeitos foram instruídos a pedalar o maior tempo possível, com frequência de pedalada mantida a preferência de cada sujeito (70 – 90 rpm), até não conseguirem manter a cadência estipulada (< 67 rpm) ou com a exaustão voluntária. O $\dot{V}O_2$ foi mensurado durante todo o teste de PC e foram realizadas coletas de sangue no 5º minuto e no final do teste para a determinação da [La] (BRICKLEY et al., 2002). O t_{lim} foi considerado como o tempo total de esforço mantido na intensidade e expresso em segundos. O CL foi determinado como a diferença entre os valores de $\dot{V}O_2$ entre o 3º minuto (média entre 2,45º ao 3,15º minuto) e o valor na exaustão (média dos últimos 30 segundos). Os equipamentos utilizados nos testes preditivos e na intensidade de PC foram os mesmos descritos anteriormente.

4.6 Procedimentos estatísticos

Os dados estão expressos como média \pm DP. A normalidade dos dados foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk. As intensidades correspondentes à MLSS e PC foram analisadas através do teste tipo t de Student. Os valores relativos das intensidades correspondentes à MLSS e a PC foram comparados por meio do teste de Wilcoxon. O nível de significância foi mantido em $p \leq 0,05$. Para a análise estatística foi utilizado o software SPSS[®] 18.0.

5. Resultados

As características físicas dos sujeitos analisados no estudo estão descritos na Tabela 1. Os dados são expressos em valores médios \pm DP.

Tabela 1. Características físicas dos sujeitos.

Grupos	Massa corporal (Kg)	Estatura (cm)	Idade (anos)
Ciclistas (N = 7)	70 \pm 3	1,74 \pm 0,05	27 \pm 5
Não treinados (N = 9)	77 \pm 12	1,77 \pm 0,1	27 \pm 4

Não foram encontradas diferenças significantes entre os grupos ciclistas e não treinados para a massa corporal, estatura e idade. A Tabela 2 apresenta os valores máximos de $\dot{V}O_2$, intensidade, FC e [La], para os grupos ciclistas (C) e não treinados (NT) obtidos ao final do teste incremental.

Tabela 2. Valores máximos obtidos no teste incremental expressos em média \pm DP.

Variáveis	Grupos	
	Ciclistas (N = 7)	Não treinados (N = 9)
$\dot{V}O_{2max}$ (ml.min ⁻¹)	4336 \pm 412*	2929 \pm 550
$I\dot{V}O_{2max}$ (W)	376 \pm 23*	238 \pm 36
$I\dot{V}O_{2max}$ (W.kg ⁻¹)	5,3 \pm 0,3*	3,1 \pm 0,6
FC _{max} (bpm)	189 \pm 10	189 \pm 5
LL (W)	227 \pm 31*	86 \pm 31
% $I\dot{V}O_{2max}$	61 \pm 9	36 \pm 11
LAn (W)	283 \pm 27*	142 \pm 49
% $I\dot{V}O_{2max}$	75 \pm 6	58 \pm 14
[La] _{pico} (mM)	11,2 \pm 1,6	10,6 \pm 1,4

* p < 0,05 em relação ao grupo NT.

Os valores de $\dot{V}O_{2max}$, $I\dot{V}O_{2max}$, LL e L_{an} foram significativamente maiores para o grupo C em relação ao grupo NT. Todavia, os valores encontrados para a FC_{max} e a $[La]_{pico}$ mensurados imediatamente no final do teste progressivo foram similares para ambos os grupos ($p > 0,05$).

A tabela 3 apresenta os valores médios \pm DP do t_{lim} (s), FC (bpm) e $[La]$ (mM) obtidos durante as sessões de esforços preditivos realizados a 95, 100 e 110% $I\dot{V}O_{2max}$.

Tabela 3. Valores médios \pm DP dos esforços preditivos nas intensidades de 95, 100 e 110% $I\dot{V}O_{2max}$, e do tempo limite (t_{lim}), da frequência cardíaca (FC) e da concentração de lactato pico $[La]_{pico}$ obtidos durante os esforços.

		Grupos	
Cargas preditivas		Ciclistas (N = 7)	Não treinados (N = 9)
95% $I\dot{V}O_{2max}$	t_{lim} (s)	670 \pm 196	645 \pm 152
	FC (bpm)	184 \pm 5	189 \pm 8
	$[La]$ (mM)	13,2 \pm 2,7	14,4 \pm 1,3
100% $I\dot{V}O_{2max}$	t_{lim} (s)	427 \pm 127	401 \pm 92
	FC (bpm)	185 \pm 8	187 \pm 8
	$[La]$ (mM)	12,9 \pm 1,7	14,3 \pm 2,7
110% $I\dot{V}O_{2max}$	t_{lim} (s)	227 \pm 54	281 \pm 89
	FC (bpm)	185 \pm 8	178 \pm 19
	$[La]$ (mM)	13,9 \pm 1,5	16,2 \pm 1,5

Os valores do t_{lim} , FC $[La]_{pico}$ obtidos nos esforços preditivos foram similares para ambos os grupos ($p > 0,05$). Os valores de FC e $[La]_{pico}$ foram similares aos obtidos no teste incremental em ambos os grupos.

A tabela 4 apresenta os valores médios \pm DP de MLSS e PC para os grupos C e NT. O valor da MLSS (W) foi significativamente maior para o grupo (C) em relação ao grupo (NT) ($P < 0,05$). Da mesma forma, a PC (W) apresentou valores significativamente maiores para o grupo C em comparação ao grupo NT ($P < 0,05$). Para os C e NT a intensidade de PC superestimou a intensidade de MLSS em 10 e 18% respectivamente.

Tabela 4. Média \pm DP de MLSS e PC.

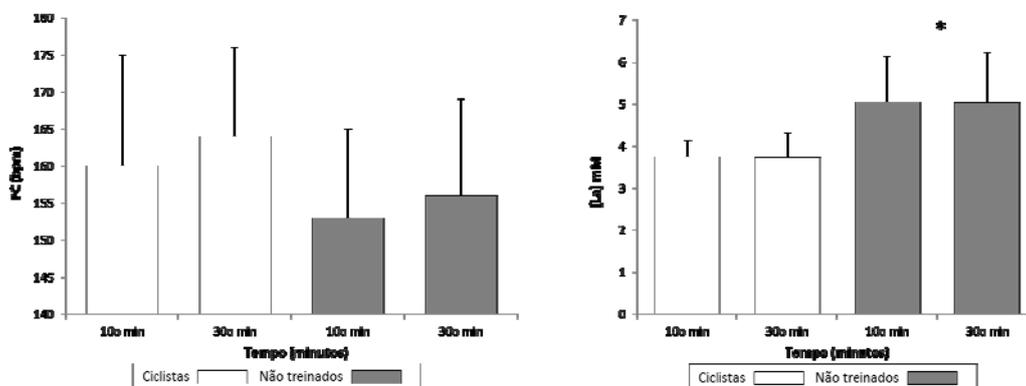
Variáveis	Grupos	
	Ciclistas (N = 7)	Não treinados (N = 9)
MLSS (W)	288 \pm 35*	169 \pm 34
% Δ MLSS	44 \pm 21	53 \pm 9
PC (W)	318 \pm 29*	200 \pm 33
% Δ PC	71 \pm 13	76 \pm 13

* $p < 0,05$ em relação ao grupo NT.

O grupo C apresentou um percentual (% $\dot{V}O_{2max}$) maior em relação ao grupo NT para a intensidade de MLSS ($p < 0,05$), já para o percentual da intensidade de PC, o valor foi similar para ambos os grupos. O delta de variação da MLSS e PC, expressa como percentual da diferença entre o $\dot{V}O_{2max}$ e o LL, foi significativamente maior para o grupo NT em relação ao grupo C.

Os valores médios \pm DP da FC obtidos no 10^o e 30^o minutos durante o teste de MLSS foram menores para o grupo NT, mas sem diferenças significantes ao longo do tempo entre os grupos NT (153 \pm 12 vs. 156 \pm 13 bpm respectivamente) e C (160 \pm 15 vs. 164 \pm 12 bpm respectivamente). Entretanto, a [La] obtida no 10^o e 30^o minuto foi significativamente maior para o grupo NT (5,04 \pm 1,1 vs. 5,03 \pm 1,2 mM

respectivamente) em relação ao grupo C ($3,74 \pm 0,4$ vs. $3,72 \pm 0,6$ mM respectivamente) ($p < 0,05$). (Figura 3).



* $p < 0,05$ em relação ao grupo C.

Figura 3. Valores médios \pm DP da FC e [La] obtidos durante o teste de MLSS.

A tabela 5 apresenta os valores médios \pm DP obtidos durante o teste executado até a exaustão na intensidade de PC para os grupos C e NT. O $\dot{V}O_2$ mensurado no 3^o minuto e nos 30 segundos finais foi maior no grupo C em relação ao grupo NT ($p < 0,001$).

Tabela 5. Variáveis obtidas durante teste realizado na intensidade de PC.

Variáveis	Grupos	
	Ciclistas (N = 7)	Não treinados (N = 9)
$\dot{V}O_2$ (ml.min ⁻¹) 3 ^o minuto	3750 \pm 366*	2500 \pm 457
% $\dot{V}O_{2max}$	74 \pm 31	76 \pm 27
$\dot{V}O_2$ (ml.min ⁻¹) 30 s finais	4038 \pm 270*	2800 \pm 498
% $\dot{V}O_{2max}$	93 \pm 5	96 \pm 7
Componente Lento (ml.min ⁻¹)	412 \pm 175	375 \pm 164

* $p < 0,05$ em relação ao grupo NT

O valor de $\dot{V}O_2$ mensurado nos 30 segundos finais foi maior do que 3^o minuto para ambos os grupos. O $\dot{V}O_2$ expresso em percentual do $\dot{V}O_{2max}$ no 3^o minuto e nos 30 s finais do teste foi similar para ambos os grupos. O CL desenvolvido para ambos foi similar para ambos os grupos.

Durante o teste executado até a exaustão na intensidade de PC, o t_{lim} obtido foi maior para o grupo NT ($25,8 \pm 10,2$ min) em relação aos C ($19,6 \pm 6,7$ min). A FC foi mensurada no 5^o min e no final do teste, sendo similar para ambos os grupos C (173 ± 7 vs. 178 ± 6 bpm respectivamente) e NT (163 ± 11 vs. 179 ± 11 bpm respectivamente). A [La] também foi mensurada no 5^o min e no final do teste e similar e sem diferenças significativas para ambos os grupos C ($7,1 \pm 1,7$ vs. $10,9 \pm 2,5$ mM respectivamente) e NT ($6 \pm 1,2$ vs. $10,2 \pm 2,3$ mM respectivamente) (Figura 4).

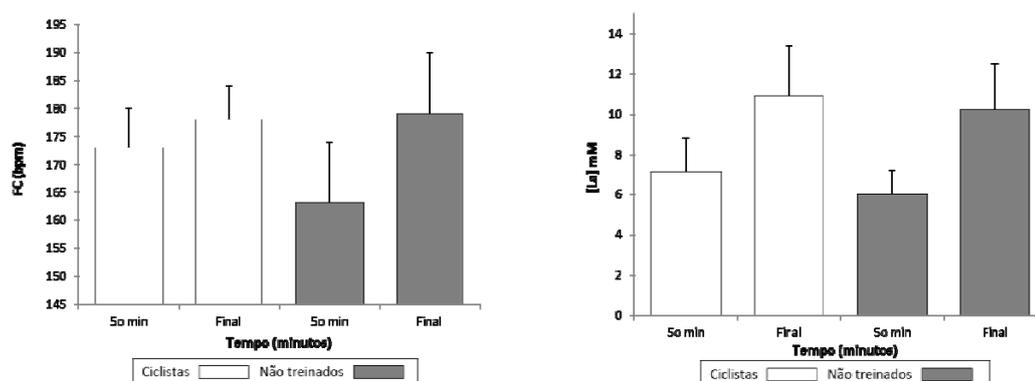


Figura 4. Valores médios \pm DP da FC e [La] obtidos durante o teste de PC.

Dessa maneira os valores percentuais do $\dot{V}O_{2LL}$, $\dot{V}O_{2Lan}$, $\dot{V}O_{2MLSS}$ e $\dot{V}O_{2PC}$ em relação ao $\dot{V}O_{2max}$ são apresentados na figura 5. O grupo C apresentou valores superiores para os índices de LL, Lan, MLSS e PC quando comparados com o grupo NT ($p < 0,05$).

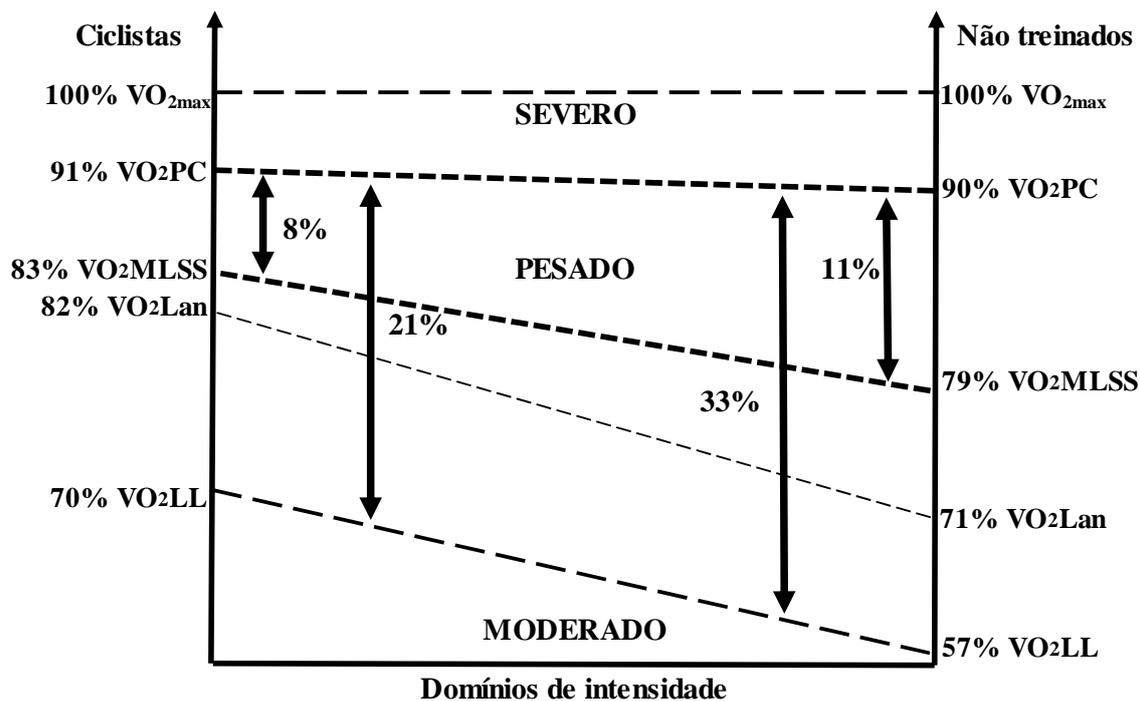


Figura 5. Percentual dos índices fisiológicos de $\dot{V}O_{2LL}$, $\dot{V}O_{2Lan}$, $\dot{V}O_{2MLSS}$ e $\dot{V}O_{2PC}$ em relação ao $\dot{V}O_{2max}$ obtidos para os grupos C e NT.

Em relação às intensidades de MLSS e PC determinadas para os grupos C e NT em nosso estudo, a $\dot{V}O_{2PC}$ superestimou a $\dot{V}O_{2MLSS}$ para ambos os grupos, enquanto que o comportamento da diferença percentual entre estes dois índices ($\dot{V}O_{2PC} - \dot{V}O_{2MLSS}$) foi maior para o grupo NT (11%) em relação ao grupo C (8%) ($p < 0,05$).

A figura 6 mostra o gráfico da diferença percentual encontrada entre a MLSS e a PC encontrada em nosso estudo.

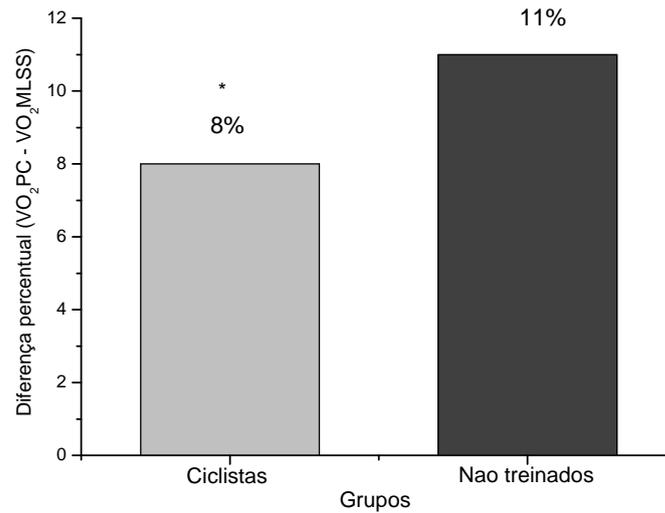


Figura 6. Diferença percentual obtida entre $\dot{V}O_2PC$ e $\dot{V}O_2MLSS$ para os grupos (NT) e (C).

Houve correlação significativa entre a intensidade MLSS e o $\dot{V}O_{2max}$ e entre a intensidade PC e o $\dot{V}O_{2max}$ nos grupos NT (0,71 e 0,84, respectivamente) e C (0,51 e 0,50, respectivamente). Da mesma forma, houve correlação significativa entre as intensidades MLSS e a PC nos grupos NT (0,95) e C (0,91). Houve correlação entre a intensidades do LL e a MLSS nos grupos NT (0,66) e C (0,65) e entre as intensidades do LL e a PC nos grupos NT (0,50) e C (0,74).

6. Discussão

Índices aeróbios obtidos no teste incremental

Os valores de $\dot{V}O_{2\max}$ ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$) e LL (W) obtidos para o grupo C foram muito superiores ao NT indicando que os dois grupos analisados em nosso estudo são bem diferentes em estado de treinamento aeróbio. A aptidão aeróbia do grupo C em nosso estudo é similar ao relatado para ciclistas treinados (LINDSAY et al., 1996) enquanto que a aptidão do grupo NT encontrada em nosso estudo é similar ao relatado por DAUSSIN et al. (2008). Assim, podemos assumir que os nossos sujeitos sofreram as adaptações crônicas de um treinamento aeróbio, independente de uma possível influência genética, que poderia elevar os níveis de tais índices fisiológicos sem treinamento (JEUKENDRUP et al., 2000).

Em outros estudos (DENADAI et al. 2004; CAPUTO e DENADAI, 2008), indivíduos bem treinados no ciclismo também apresentaram valores superiores de $\dot{V}O_{2\max}$, $I\dot{V}O_{2\max}$, LAn e LL em relação ao grupo NT, sugerindo maiores adaptações obtidas pelos C através dos treinos executados na modalidade. Portanto, o treinamento crônico de endurance parece modificar aspectos centrais e periféricos relacionados aos índices de aptidão aeróbia.

Influência do estado de treinamento na MLSS e na PC

Ao se analisar as respostas da MLSS e da PC nos grupos NT e C verificou-se que estes dois índices representam intensidades diferentes, e que a diferença de intensidade entre os mesmos parece depender do estado de treinamento.

Em outros estudos realizados no ciclismo (DEKERLE et al., 2003; PRINGLE e JONES, 2002), natação (DEKERLE et al., 2005) e corrida (DENADAI et al., 2005) os autores verificaram que a PC ou a velocidade crítica (VC), como é chamada na corrida e na natação, foi significativamente maior do que a MLSS, evidenciando que esses índices representam diferentes intensidades. Além disso, os diferentes tempos de exaustão encontrados para a MLSS (Baron et al., 2008) e a PC (Brickley et al., 2002; Vanhatalo et al., 2008) confirmam a diferença entre estas intensidades de exercício e, conseqüentemente, nas respostas fisiológicas associadas às mesmas.

De maneira geral, a melhora em índices submáximos associados à resposta do lactato sanguíneo, como o LL, o LAn e a MLSS está associada a mecanismos periféricos, como aumento na capilarização e fluxo sanguíneo (MCKAY et al., 2009), tamanho e número de mitocôndrias e enzimas oxidativas (BERGMAN et al., 1999; DUBOCHAUD et al., 2000). Apesar destas modificações poderem explicar parte da melhora do VO_{2max} em indivíduos moderadamente treinados (PHILP et al., 2008), elas não parecem influenciar o $\dot{V}O_{2max}$ em indivíduos bem treinados (BASSET e HOWLEY, 2000). De certa forma, nossos dados mostram que índices metabólicos associados à resposta do lactato sanguíneo parecem ser mais sensíveis do que um índice fisiológico que é determinado por meio da performance em exercícios realizados no domínio severo de exercício.

Os maiores valores absolutos de potência e taxa metabólica na PC encontrados em nosso estudo mostram que indivíduos treinados conseguem manter-se em altas taxas metabólicas por períodos similares de tempo em relação a indivíduos não-treinados. No nosso estudo, os t_{lim} encontrados estão dentro do sugerido pela literatura (~ 4 – 12 minutos) e as variáveis de FC_{max} e $[La]_{pico}$ comprovam que os sujeitos atingiram o máximo esforço durante os testes preditivos. Além disso, as cargas empregadas nos esforços preditivos em nosso estudo (95, 100 e 110% $I\dot{V}O_{2max}$) permitem que o $\dot{V}O_{2max}$ seja atingido antes da exaustão, independente do nível de aptidão aeróbia (CAPUTO e DENADAI, 2008). O t_{lim} dos esforços preditivos foi similar para ambos os grupos C e NT, mostrando que o nível de aptidão aeróbia não tem influência na determinação da PC, corroborando com o estudo de Caputo e Denadai (2008).

Inicialmente, a PC foi conceituada como a intensidade de exercício que pode ser teoricamente sustentada indefinidamente (MONOD e SCHERRER, 1965), entretanto fatores como a depleção de substratos e os relacionados à regulação da temperatura corporal podem contribuir para a fadiga durante o exercício prolongado, sugerindo que essa expressão matemática não providencia uma intensidade que pode ser mantida indefinidamente. Recentemente, alguns autores têm proposto que a PC identifica a intensidade que permite um esforço prolongado, com a $[La]$ se mantendo constante e o $\dot{V}O_2$ não atinge seus valores máximos quando o exercício é realizado até a exaustão (GAESSER e WILSON, 1988; POOLE et al., 1988).

O t_{lim} na PC encontrado em nosso estudo (C – $19,6 \pm 6,7$ e NT – $25,8 \pm 10,2$ minutos) está dentro da grande faixa de variação existente na literatura (18 – 60 minutos) (JENKINS e QUIGLEY, 1990; HOUSH et al., 1989; BRICKLEY et al., 2002). Essa grande variabilidade pode ser explicada por um aspecto já anteriormente discutido, ou seja, o fato de a PC ser protocolo-dependente, por exemplo a seleção das

cargas preditivas ou o modelo matemático utilizado. Podemos ressaltar que neste domínio de intensidade, pequenas variações na intensidade (5 – 10%) podem permitir variações de até 100% no t_{lim} , nesse sentido, nosso t_{lim} é compatível com o t_{lim} (55 minutos) encontrado na MLSS de ciclistas treinados (BARON et al., 2007).

Em relação à [La] na PC encontrada em nosso estudo, esta é similar ao obtido por Brickley et al. (2002) e McLellan e Cheung (1992), ou seja, durante o exercício na PC a [La] não apresentou estabilidade, contrariando o proposto por Poole et al. (1988), entretanto esse aspecto era esperado, pois a PC foi maior do que a MLSS, que por definição representa a maior intensidade de exercício onde a [La] apresenta estabilidade entre a produção e remoção deste metabólico (BENEKE et al., 1996).

Quanto ao comportamento do $\dot{V}O_2$ mensurado durante o teste de PC, tanto os valores de CL encontrados como o não alcance do $\dot{V}O_{2max}$ (C – $93 \pm 5\%$ e NT – $96 \pm 7\% \dot{V}O_{2max}$) ao final do exercício são compatíveis com os modelos teóricos de que a PC seria o limite entre os domínios pesado e severo. O CL desenvolvido foi similar para ambos os grupos C e NT e superiores ao encontrado por Barbosa et al. (2009) na qual analisou ciclistas bem treinados exercitando-se na MLSS (CL = $106 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$) e que também não levou ao atingimento do $\dot{V}O_{2max}$ (89%).

A PC tem sido considerada o limite inferior do domínio severo (HILL et al., 2002), já que acima desta intensidade o VO_{2max} é atingido. Houve uma correlação significativa entre a PC e o $\dot{V}O_{2max}$ no presente estudo. Assim, modificações que possam ter ocorrido com o treinamento em fatores centrais e periféricos associados ao $\dot{V}O_{2max}$ podem também modificar a PC. No entanto, como o VO_{2max} é menos sensível ao treinamento do que os índices submáximos, e as cargas preditivas são realizadas em

intensidades próximas ao $\dot{V}O_{2max}$, provavelmente os mecanismos que determinam esta variável não são exatamente os mesmos que possam determinar a MLSS.

Assim, além da diferença de intensidade e taxa metabólica encontrada entre a MLSS e a PC, verificou-se que as mesmas não responderam de forma similar. Caputo e Denadai (2008) também verificaram no ciclismo que as relações entre LL, PC e $\dot{V}O_{2max}$ podem ser modificadas pela aptidão aeróbia. Em nosso estudo, a MLSS expressa em valores relativos e absolutos mostrou-se mais sensível às diferenças do estado de treinamento entre os grupos C e NT. Já a PC parece diferenciar os grupos somente quando expressa em valores absolutos. Assim, a PC não parece ser um índice de capacidade aeróbia tão expressivo quanto é a MLSS. Estas respostas parecem sugerir que as adaptações que explicam a melhora da MLSS não parecem explicar a melhora da PC com o treinamento. Portanto, o uso intercambiável da MLSS e da CP não parece ser adequado.

Em relação ao percentual dos índices fisiológicos de $\dot{V}O_{2LL}$, $\dot{V}O_{2Lan}$, $\dot{V}O_{2MLSS}$ e $\dot{V}O_{2PC}$ em relação ao $\dot{V}O_{2max}$ obtidos em nosso estudo, os C apresentaram valores superiores em relação aos NT, os C apresentaram um maior deslocamento dos índices fisiológicos em direção ao $\dot{V}O_{2max}$ em relação aos NT. No qual a diferença percentual entre a $\dot{V}O_{2MLSS}$ e a $\dot{V}O_{2PC}$ foi de 11% para os NT e 8% para os C. Já a diferença percentual entre o $\dot{V}O_{2LL}$ e a $\dot{V}O_{2PC}$ foi de 33% para os NT e 21% para os C. Esse maior deslocamento dos índices em direção ao $\dot{V}O_{2max}$ podem ser atribuídos aos mecanismos fisiológicos obtidos pelo treinamento (BASSET e HOWLEY, 2000). Entretanto a MLSS mostrou-se ser mais sensível ao treinamento, já que a PC foi similar para ambos os grupos e a MLSS apresentou percentuais maiores para o grupo C em relação ao grupo NT. Esse aumento na MLSS pode ser explicado pelo efeito do

treinamento obtido através dos treinos específicos realizados pelos ciclistas, associados com adaptações periféricas como aumento da densidade de capilares e aumento no fluxo sanguíneo (McKAY et al. 2009), aumento do tamanho e o número de mitocôndrias por unidade de área (BERGMAN et al. 1999). Estas adaptações contribuem para o aumento desses índices em direção ao $\dot{V}O_{2max}$. Isto explicaria similares mudanças na MLSS e $\dot{V}O_{2max}$ seguido de 4 a 6 semanas de treinamento executados na MLSS e relatados em corredores (BILLAT et al., 2004; PHILP et al., 2008).

Contudo estas adaptações periféricas obtidas pelo treinamento de endurance são incertas para afetar o $\dot{V}O_{2max}$ em sujeitos altamente treinados aerobicamente, na qual o $\dot{V}O_{2max}$ nesse tipo de população é limitado por fatores centrais como a oferta de oxigênio (BASSETT e HOWLEY, 2000; FARIA et al. 2005)

O atrativo do protocolo de PC para estimar a MLSS é compreensível, considerando a duração dos testes envolvidos quando se procura determinar a MLSS. Entretanto, o presente estudo demonstra que, embora a PC e a MLSS possam ter excelente validade para identificar a capacidade aeróbia, a PC superestima a MLSS em 5-18% em indivíduos com diferentes níveis de treinamento aeróbio. Assim, do mesmo modo, a prescrição do treinamento aeróbio com base na MLSS ou PC não permite respostas agudas e provavelmente crônicas similares.

7. Conclusão

A MLSS e a PC (em $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$, W) em ciclistas bem treinados são maiores do que em sujeitos não treinados. O não atingimento do $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ na PC no grupo C e NT concorda com os modelos teóricos de que a PC seria o limite superior do domínio pesado de exercício, entretanto, alguns sujeitos do grupo NT atingiram o $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$, mostrando que ambos o limite superior do pesado e inferior do domínio severo de exercício são afetados pelo estado do treinamento aeróbio.

A contribuição de cada determinante fisiológica suporta que ambas PC e MLSS são intensidades diferentes. Quando a relação potência-tempo é modelada usando a faixa de t_{lim} entre 3 a 12 minutos, a PC superestima a MLSS se os sujeitos forem treinados ou não treinados.

Contudo, a MLSS é mais sensível aos efeitos crônicos do treinamento aeróbio, enquanto que a PC parece conseguir diferenciar indivíduos treinados e não-treinados somente em valores absolutos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, L.F.; SOUZA, M.R.; PELARIGO, J.G.; CARITA, 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. **Rev. Bras. Cineantropom. Desemp. Hum**, v.11, p.320-325, 2009.

BARON, B.; NOAKES, T. D.; DEKERLE, J.; MOULLAN, F.; ROBIE, S.; MATRAN, R.; PELAYO, P. Why does exercise terminate at the maximal lactate steady state intensity? **Br. J. Sports Med.** 10.1136/bjism.2007.

BENEKE, R. Maximal lactate steady state concentration (MLSS): experimental and modelling approaches. **Eur. J. Appl. Physiol**, v.8, p.361-369, 2003.

BENEKE, R.; DUVILLARD, V.; PETELIN, S. Maximal lactate steady state during the second decade of age. **Med. Sci. Sports Exerc**, v.28, p.1474 – 1478, 1996.

BENEKE, R., HUTLER, M., LEITHAUSER, R.M. Maximal lactate-steady-state independent of performance **Med. Sci. Sports Exerc**, v.32, p.1135-1139, 2000.

BERGMAN, B.C.; WOLFEL, E.E.; BUTTERFIELD, G.E.; LOPASCHUK, G.D.; CASAZZA, G.A.; HORNING, M.A.; BROOKS, G.A. Active muscle and whole body lactate kinetics after endurance training in men. **J. Appl. Physiol.** v.87: 1684-1696, 1999.

BILLAT, V.L. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. **Sport Med**, v.22, p.157-175, 1996.

BILLAT, V.; 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. **Eur. J. Physiol.** v. 447, p. 875-883, 2004.

BILLAT, V.L. PASCAL, S.;GUILLAUME, P.; KORALSZTEIN, J. P.; JACQUES, M. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. **Sport Med**, v.33, p.407-426, 2003.

BISHOP, D.; JENKINS, D.G.; HOWARD, A. The critical power function is dependent on the duration of predictive exercise testes chosen. **Med. Sci. Sports Exerc**, v.18, p.125-129, 1998.

BRICKLEY, G.; DOUST, J.; WILLIAMS, C.A. Physiological responses during exercise to exhaustion at critical power. **Eur. J. Appl. Physiol**, v.88, p.146-151, 2002.

BRICKLEY, G.; GREEN, S.; JENKINS, D. G.; McEINERY, M.; WISHART, C.; DOUST, J. D.; WILLIAMS, C. A. Muscle metabolism during constant – and alternating – intensity exercise around critical power. **Int. J. Sports Med.** v. 28 (4), p. 300-305, 2007.

BOSQUET, B.; DUCHENE, A.; LECOT, F.; DUPONT, G.; LEGER, L. Vmax estimate from three-parameter critical velocity models: validity and impact on 800m running performance prediction. **Eur. J. Appl. Physiol.** v. 97, p. 34-42, 2006.

BULL, A.J.; HOUSH, T.I.; JOHNSON, G.O.; PERRY, S.R. Effect of mathematical modeling on the estimation of critical power. **Med. Sci. Sports Exerc.** v.32, p.526-530, 2000.

BULL, A. J., HOUSH, T. J., JOHNSON, G. O. RANA, S. R. Physiological responses at estimates of critical velocity. **Eur. J. Appl. Physiol**, 2007.

CALIS, J. F. F.; DENADAI, B. S. Influência das cargas selecionadas na determinação da potência crítica determinada no ergômetro de braço em dois modelos lineares. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte.** v. 6, p. 1-4, 2000.

CAPUTO, F.; DENADAI, B.S. The highest intensity and the shortest duration permitting attainment of maximal oxygen uptake during cycling: effects of different methods and aerobic fitness level. **Eur. J. Appl. Physiol**, v.103, p.47-57, 2008.

CARTER, H.; JONES, A.M.; BARSTOW, T.J.; BURNLEY, M.; WILLIAMS, C.A.; DOUST, J. Oxygen uptake kinetics in treadmill running and cycle ergometry: a comparison. **J. Appl. Physiol**, v.88, p.899-907, 2000a.

CARTER, H.; JONES, A.M.; BARSTOW, T. J. et. al. Effect of endurance training on oxygen uptake kinetics during treadmill running. **J. Appl. Physiol**, v.89, p.1744-1752, 2000b.

DAUSSIN, F.N.; ZOLL, J.; DUFOUR, S.P.; PONSOT, E.; LONSDORFER-WOLF, E.; DOUTRELEAU, S.; METTAUER, B.; PIQUARD, F.; GENY, B.; RICHARD, R. Effect of interval versus continuous training on cardiorespiratory and mitochondrial functions: relationship to aerobic performance improvements in sedentary subjects. **Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.** v.295: R264-272, 2008.

DENADAI, B. S. **Índices fisiológicos de avaliação aeróbia: conceitos e aplicações.** Ribeirão Preto. B.S.D., 1999.

DENADAI, B. S. **Avaliação aeróbia: determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo.** Editora Motrix, Rio Claro – São Paulo, 2000.

DENADAI, B. S.; FIGUEIRA, T. R.; FAVARO, O.R.P.; GONÇALVES, M. Effect of the aerobic capacity on the validity of the anaerobic threshold for determination of the maximal lactate steady state in cycling. **Braz. J. Med. Biol. Research.** v.37, p. 1551-1556, 2004.

DENADAI, B.S.; GOMIDE, E.B.G.; GRECO, C.C. The relationship between onset of blood lactate accumulation, critical velocity and maximal lactate steady state in soccer players. **J. Strength Cond. Res**, v.19, p.364-368, 2005.

DENADAI, B.S.; GRECO, C.C. **Prescrição do treinamento aeróbio: Teoria e Prática; Educação Física no Ensino Superior**. Editora Guanabara Koogan, 2005.

DEKERLE, J.; SIDNEY, M.; HESPEL, J. M.; PELAYO, P. Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate, and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. **Int. J. Sports Med.** v. 23 (2), p. 93-101, 2002.

DEKERLE, J.; BARON, B.; DUPONT, L.; VANVELCENAHHER, J.; PELAYO, P. Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. **Eur. J. Appl. Physiol**, v.89, p.281-288, 2003.

DEKERLE, J.; PELAYO, P.; CLIPET, B.; DEPRETZ, S.; LEFEVRE, T.; SIDNEY, M. Critical swimming speed does not represent the speed at maximal lactate steady state. **Int. J. Sports. Med**, v.26, p.524-530, 2005.

DEKERLE, J.; VANHATALO, A.; BURLEY, M. Determination of critical power from a single test. **Science & Sports**. v. 23, p. 231-238, 2008.

DEKERLE, J.; BRICKLEY, G.; ALBERTY, M.; PELAYO, P. Characterising the slope of the distance-time relationship in swimming. **Journal of science and medicine in Sport**. JSAMS-459, 2009.

DI PRAMPERO, P.E. The concept of critical velocity: a brief analysis. **Eur. J. Appl. Physiol**, v.80, p.62-164, 1999.

FARIA, E.W.; PARKER, D.L.; FARIA, I.E. The science of cycling: physiology and training - part 1. **Sports Med**. v.35: 285-312, 2005.

FIGUEIRA, T.R., CAPUTO, F., PELARIGO, J.G., DENADAI, B.S. Influence of exercise mode and maximal lactate-steady-state concentration on the validity of OBLA to predict maximal lactate-steady-state in active individuals. **J. Sci. Med. Sport**, Jun 4, doi:10.1016/j.jsams.2007.02.016, 2007.

FIGUEIRA, T. R.; CAPUTO, F.; PELARIGO, J. G.; DENADAI, B. S. 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**. v.11, p. 280-286, 2008.

GAESSER, G.A. CARNEVALE, T.J.;GARFINKEL, A.; WALTER, D.O.; WOMACK, C.J. Estimation of critical power with nonlinear and linear models. **Med. Sci. Sports Exercise**, v.27, p. 1430-1438, 1995.

GAESSER, G. A. & POOLE, D. C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exercise and Sports Science Review**. Hagerstown, v.24, p.35-70, 1996.

GAESSER, G.A.; WILSON, L.A. Effects of continuous and interval training on the parameters of the power-endurance time relationship for high-intensity exercise. **Int. J. Sports Med**. v.9: 417-42, 1988.

GRECO, C.C.; DENADAI, B.S.; PELLEGRINOTTI, L.I.; FREITAS, A.B.; GOMIDE, E. Limiar anaeróbio e velocidade crítica determinada com diferentes distâncias em nadadores de 10-15 anos: relações com a performance e a resposta do lactato sanguíneo em testes de endurance. **Rev. Bras. Med. Esporte**, v.9, p.2-8, 2003.

HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MUCKE, S.; MULLER, R.; HOLLMANN, W. Justification of the 4mmol/l lactate threshold. **Internat. J. Sports Med**, v.6, p.117-130. 1985.

HILL, D. W.; The critical power concept. A review. **Sport Med**. v.16, p.237-254, 1993.

HILL, D.W.; SMITH, J.C. Determination of Critical Power by Pulmonary Gas Exchange. **Cananida J. Appl. Physiol**, v.24, p.74-86, 1999.

HILL, D. W.; FERGUSON, C. S. A physiological description of critical velocity. **Eur. J. Appl. Physiol**. v. 79, p. 290-293, 1999.

HILL, D.W.; POOLE, D.C.; SMITH, J.C. The relationship between power and time to achieve VO_{2max} . **Med. Sci. Sports Exerc**, v.34, p.709-714, 2002.

HOUSH, D. J.; HOUSH, T. J.; BAUGE, S. M. The accuracy of the critical power test for predicting time to exhaustion during cycle ergometry. **Ergonomics**. v. 32 (8), p. 997-1004, 1989.

HOUSH, T. J.; CRAMER, J. T.; BULL, A. JOHNSON, G. O.; HOUSH, D. J. The effect of mathematical modeling on critical velocity. **Eur. J. Appl. Physiol**. v. 84, p. 469-475, 2001.

JENKINS, D.G.; QUIGLEY, B.M. Endurance training enhances critical power. **Med. Sci. Sports Exerc**. v.24: 1283-1289, 1992.

JENKINS, D.G.; QUIGLEY, B.M. Blood lactate in trained cyclists during cycle ergometry at critical power. **Eur. J. Appl. Physiol**, v.61, p. 213-218, 1998.

JEUKENDRUP, E.A.; CRAIG, N.P.; HAWLEY, J.A. The Bionergetics of World Class Cycling. **J. Sci. Med. Sport**, v.3, p.414-433, 2000.

JONES, A.M., DOUST, J.H. The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal of the maximal lactate steady state. **Med. Sci. Sports Exerc**, Madison, v.30,p.1304-1313, 1998.

JONES, A.M.; CARTER, H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. **Sport Med**. v. 29 (6), p.373-386, 2000

JONES, A. M.; POOLE, D. C. Oxygen uptake dynamics: from muscle to mouth-an introduction to the symposium. **Med. Sci. Sports Exerc**. v.37 (9), p. 1542-1550, 2005.
JOYNER, M.J.; COYLE, E.F. Endurance exercise performance: the physiology of champions. **J. Physiol**. 586 (1), p.35-44, 2008.

KRANENBURG, K.J.; SMITH, D.J. Comparison of critical speed determined from track running and treadmill tests in elite runners. **Medicine Science Sports Exercise**. v.28, p. 614-618, 1996.

LINDSAY F.H.; HAWLEY J.A.; MYBURGH K.H.; SCHOMER H.H.; NOAKES T.D.; DENNIS S.C. Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. **Medicine Science Sports Exercise**, 28: 1427-1434. 1996.

MCKAY, B.R.; PATERSON, D.H.; KOWALCHUK, J.M. Effect of short-term high-intensity interval training vs. continuous training on O₂ uptake kinetics, muscle deoxygenation, and exercise performance. **J. Appl. Physiol**. v.107: 128-138, 2009.

MONOD, H.; SHERRER, J. The work capacity of a synergic muscular group. **Ergonomics**, v8, p.329-338, 1965.

MORITANI, T. NAGATA, A.;DEVRIES, H.A.;MURO, M. Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. **Ergonomics**, v.24, p.339-350, 1981.

MORTON, R. H.; BILLAT, V. L.; The critical power model for intermittent exercise. **Eur. J. Appl. Physiol**. v. 91 (2-3), p. 303-310, 2004.

MORTON. R. H. The critical power and related whole-body bioenergetic models. **Eur J. Appl. Physiol**, V.96, p. 339-354, 2006.

NEDER, J. A.; JONES, P. W.; NERY, L. E.; WHIPP, B. J. The effect of age on the power/duration relationship and the intensity-domain limits in sedentary men. **Eur. J. Appl. Physiol**. v.82, p. 326-332, 2000.

PELAYO, P.; ALBERTY, M.; SIDNEY, M.;POTDEVIN, F.; DEKERLE, J.; Aerobic potential, stroke parameters, and coordination in swimming front-crawl performance. **Internat. J. Sports Physiol. Performance**, v2, 347-359, 2007.

PHILP, A.; McDONALD, A.L.; CARTER, H.; WATT, P. W.; PRINGLE, J. S. Maximal lactate steady state as a training stimulus. **Int J Sports Med**. v. 29, 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, p.1265-1279, 1988.

POOLE, D.C.; WARD, S.A.; WHIPP, B.J. The effects of training on the metabolic and respiratory profile of high-intensity cycle ergometer exercise. **Eur. J. Appl. Physiol**, v. 59, p. 421-429, 1990.

PRINGLE, S.M.; JONES, A.M.; Maximal lactate steady state, critical power and EMG during cycling. **Eur. J. Appl. Physiol**, v.88, p.214-226, 2002.

SABAPATHY S.; SCNEIDER, D.A.; MORRIS, N. R. The VO₂ slow component relationship between plasma ammonia and EMG activity. **Med. Sci. Sports Exerc**. v. 37, p. 1502-1509, 2005.

SMITH, C.G.M.; JONES, A.M. The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners. **Eur. J. Appl. Physiol**, v.5, p.19-26, 2001.

TAKAHASHI, S.; WAKAYOSHI, K.; HAYASHI, A.; SAKAGUCHI, Y.; KITAGAWA, K. A method for determining critical swimming velocity. **Int. J. Sports Med.** v.30, p. 119–123, 2009.

VANHATALO, A.; JONES, A. M. Influence of prior Sprint exercise on the parameters of the “all-out critical power test” in men. **Exp. Physiol.** v. 94 (2), p. 255-263, 2009.

XU, F.; RODHES, E. C. Oxygen uptake kinetics during exercise. **Sports Med.** v. 27 (5), p.313-327, 1999

WAKAYOSHI, K.; HARADA, T.; YOSHIDA, T.; UDO M.; MORITANI, T.; MUTOH, Y. Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state. **Eur. J. Appl. Physiol**, v. 66, pp.90-5, 1993.

WHIPP, B.J.; WARD, S.A. Physiological determinants of pulmonary gas exchange kinetics during exercise. **Med. Sci. Sports and Exerc**, v.22, p.62-71, 1990.

ANEXO I

Ofício parecer do Comitê de Ética



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Rio Claro



DECISÃO CEP Nº 094/2009

Instituição: UNESP – IB – CRC	Departamento: Educação Física
Protocolo nº: 6555 de 20.10.2009	Data de Registro CEP: 28.10.2009
Projeto de Pesquisa: "Efeito do nível de treinamento aeróbio na determinação do limite superior do domínio pesado no ciclismo"	

Pesquisa Individual	Pesquisador Responsável: -.-
---------------------	------------------------------

Pesquisa Alunos de Graduação	Pesquisador Responsável: -.-
	Orientando(a): -.-

Pesquisa Alunos de Pós-Graduação	Pesquisador Responsável: Renato Aparecido Corrêa Carità
	Orientador(a): Profa. Dra. Camila Coelho Greco

Objetivo Acadêmico:	<input type="checkbox"/> TCC
	<input checked="" type="checkbox"/> Mestrado
	<input type="checkbox"/> Doutorado
	<input type="checkbox"/> Outros (especificar)

O Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências da UNESP – Campus de Rio Claro, em sua 36ª reunião ordinária, realizada em 1º/12/2009,

<input checked="" type="checkbox"/>	Aprovou o Projeto de Pesquisa acima citado, ratificando o parecer emitido pelo relator.
<input type="checkbox"/>	Desde que atendidas as pendências apontadas na reunião (vide anexo), aprova o Projeto de Pesquisa acima citado.
<input type="checkbox"/>	Referendou o Projeto de Pesquisa acima citado, ratificando o parecer emitido pelo relator.
<input type="checkbox"/>	Aprovou retornar ao interessado para atendimento das pendências encontradas (prazo máximo de 60 dias):
<input type="checkbox"/>	Não Aprovou.
<input type="checkbox"/>	Retirou , devido à permanência das pendências.
<input type="checkbox"/>	Aprovou o Projeto de Pesquisa acima citado e o encaminha , com o devido parecer, para apreciação da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa- CONEP/MS , por se tratar de um dos casos previstos no capítulo VIII, item 4.c.

↙ "Formulário para Acompanhamento dos Protocolos de Pesquisa Aprovados"
Data de Entrega: Janeiro de 2012

Rio Claro, 02 de dezembro de 2009.
Profa. Dra. Maria Izabel Souza Camargo Coordenadora do CEP

ANEXO II

Termo de consentimento livre e esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (Conselho Nacional de Saúde, Resolução 196/96)

Eu, Professor Renato Aparecido Corrêa Caritá, aluno do Curso de Pós-Graduação em Ciências da Motricidade do Instituto de Biociências – UNESP – Campus Rio Claro, venho por meio deste, convidá-lo a participar como voluntário do projeto de pesquisa descrito abaixo. Após ser esclarecido sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento.

Nome do Projeto: Efeito do nível de treinamento aeróbio na determinação do limite superior do domínio pesado no ciclismo

Justificativa e Objetivos: Este estudo será realizado com o objetivo principal de comparar as respostas do indivíduo perante um exercício feito de forma contínua, em uma bicicleta ergométrica. A principal justificativa do mesmo é a de melhorar o entendimento destas respostas e poder utilizar os conhecimentos obtidos na prescrição do exercício para a melhora do condicionamento físico. Abaixo estão descritos os principais procedimentos metodológicos a serem adotados na pesquisa:

Avaliação antropométrica

Serão mensuradas as seguintes variáveis antropométricas: massa corporal (kg), estatura (cm), dobras cutâneas (tríceps braquial, suprailíaca e abdominal), percentual de gordura corporal (%), massa corporal magra (kg) e massa de gordura (kg).

Teste progressivo

O teste incremental será realizado em uma bicicleta estacionária com aumento na intensidade a cada 3 minutos, até a exaustão voluntária. Antes de cada teste, haverá um aquecimento de 10 min em uma intensidade moderada. Ao final de cada estágio será coletada uma gota de sangue para a dosagem do lactato sanguíneo. O consumo de oxigênio será mensurado durante todo o teste por meio de um analisador de gases.

Determinação da máxima fase estável de lactato – protocolo contínuo

Para a determinação da máxima fase estável de lactato contínua serão realizadas 2 a 4 testes de até 30 minutos e em ritmo constante. Antes de cada teste, haverá um aquecimento de 5 min em uma intensidade moderada. Durante o teste serão feitas algumas coletas de sangue conforme mencionado anteriormente, para a dosagem do lactato sanguíneo e a mensuração da frequência cardíaca. O consumo de oxigênio será mensurado durante todo o teste por meio de um analisador de gases.

Determinação da potência crítica – protocolo contínuo

Para a determinação da potência crítica serão realizados três testes de carga constante, até a exaustão voluntária em diferentes intensidades de exercício. Após um período de aquecimento de 5 min em intensidade moderada os indivíduos serão instruídos a pedalar o maior tempo possível em cada uma das cargas até não conseguir manter a cadência estipulada (< 67 rpm) ou com a exaustão voluntária. Durante o teste serão feitas algumas coletas de sangue conforme mencionado anteriormente, para a

dosagem do lactato sanguíneo e a mensuração da frequência cardíaca. O consumo de oxigênio será mensurado durante todo o teste por meio de um analisador de gases.

Direitos da pessoa submetida aos testes

Toda pessoa submetida aos testes terá acesso aos seus dados, assim como aos resultados finais. Nenhum resultado será divulgado ou levado ao conhecimento de pessoas estranhas pelo Laboratório de Avaliação da Performance Humana, sem a autorização expressa do sujeito submetido ao teste. Todo participante poderá abandonar os testes a qualquer momento, sem prestar qualquer tipo de esclarecimento, mas devendo comunicar sua decisão ao responsável dos testes o quanto antes. Os resultados dos testes poderão ser utilizados para pesquisa, sendo assegurado o anonimato do sujeito, desde que autorizado expressamente neste termo de consentimento.

RISCOS DOS TESTES

Os riscos pertinentes ao protocolo são aqueles inerentes a qualquer prática de exercícios extenuantes, que podem ser hipotensão, hipoglicemia, ou mal estar (náuseas e vômitos), que ocorrem com pouca frequência e retornam a normalidade após alguns minutos, raramente necessitando de procedimentos para reverter este quadro. Estes riscos podem ser esclarecidos a qualquer momento pelo responsável dos testes, e tendem a serem minimizados pelas condições de pronto atendimento em caso de acidente, que envolve o chamado da Unidade de Resgate do Corpo de Bombeiros, com equipamentos médicos e motorista, auxiliar e encarregado, para a realização dos primeiros socorros. Caso necessário, o voluntário será transportado por esta equipe para um hospital. Todo material utilizado nas coletas de sangue é descartável e descartado a sua devida maneira.

Eu, _____, portador do RG nº _____ e CPF nº: _____ tenho ciência dos meus direitos e deveres, concordando em me submeter a este teste. Desta forma, autorizo a utilização dos dados deste teste para fins de pesquisa do Laboratório de Avaliação da Performance Humana - UNESP - Rio Claro, bem como a divulgação de seus resultados por meio de qualquer meio de divulgação, desde que seja assegurado o anonimato.

Rio Claro, _____/_____/_____

(assinatura do voluntário/ ou responsável)

Título do Projeto: Efeito do nível de treinamento aeróbio na determinação do limite superior do domínio pesado no ciclismo

Pesquisador Responsável: Renato Aparecido Corrêa Caritá

Instituição: Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP – Rio Claro/SP

Endereço: Avenida 24-A, no 1515, Bela Vista

Dados para Contato:

Orientadora: Dra. Camila Coelho Greco, Fone: 3526-4338

Professor Renato Aparecido Corrêa Caritá: Fone: 3533-5609