
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE

**DETERMINAÇÃO DO MAOD EM APENAS UMA SESSÃO DE EXERCÍCIO
SUPRAMÁXIMO EM CICLOERGÔMETRO: ANÁLISE DE VALIDADE,
REPRODUTIBILIDADE, ASSOCIAÇÃO COM DESEMPENHO E
SENSIBILIDADE AO ESTADO DE TREINAMENTO E SUPLEMENTAÇÃO
DE CAFEÍNA**

WILLIAN EIJI MIYAGI

Agosto - 2016

WILLIAN EIJI MIYAGI

**DETERMINAÇÃO DO MÁXIMO DÉFICIT ACUMULADO DE OXIGÊNIO EM
APENAS UMA SESSÃO DE EXERCÍCIO SUPRAMÁXIMO EM
CICLOERGÔMETRO: ANÁLISE DE VALIDADE, REPRODUTIBILIDADE,
ASSOCIAÇÃO COM DESEMPENHO E SENSIBILIDADE AO ESTADO DE
TREINAMENTO E SUPLEMENTAÇÃO DE CAFEÍNA**

ORIENTADOR: PROF. DR. ALESSANDRO MOURA ZAGATTO

Dissertação de Mestrado 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.

Agosto - 2016

796 Miyagi, Willian
M685d Determinação do MAOD em apenas uma sessão de
exercício supramáximo em cicloergômetro : análise de
validade, reprodutibilidade, associação com desempenho e
sensibilidade ao estado de treinamento e suplementação de
cafeína / Willian Miyagi. - Rio Claro, 2016
108 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Alessandro Moura Zagatto

1. Educação física. 2. Capacidade anaeróbia. 3.
Equivalente de oxigênio. 4. EPOC. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Determinação do maod em apenas uma sessão de exercício supramáximo em cicloergômetro: análise de validade, reprodutibilidade, associação com desempenho e sensibilidade ao estado de treinamento e suplementação de cafeína

AUTOR: WILLIAN EIJI MIYAGI

ORIENTADOR: ALESSANDRO MOURA ZAGATTO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE, especialidade: BIODINÂMICA DA MOTRICIDADE HUMANA pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ALESSANDRO MOURA ZAGATTO

Departamento de Educação Física / Faculdade de Ciências de Bauru - SP


Prof. Dr. WLADIMIR RAFAEL BECK

UNICAMP - Faculdade de Ciências Aplicadas de Limeira / SP


Prof. Dr. RÔMULO CÁSSIO DE MORAES BERTUZZI

Departamento de Esporte / Universidade de São Paulo - Escola de Educação Física e Esportes - São Paulo /SP

Rio Claro, 12 de agosto de 2016



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
RIO CLARO



APOIO FINANCEIRO:



Processo

#2014/02829-5

RESUMO

O presente estudo se propôs a investigar questões relacionadas a validade, reprodutibilidade e sensibilidade de um protocolo alternativo para estimativa do máximo déficit acumulado de oxigênio em apenas uma sessão de esforço supramáximo ($MAOD_{ALT}$) em cicloergômetro. Para responder essas questões foram realizados quatro experimentos, que tiveram como objetivos: verificar a validade do $MAOD_{ALT}$ e a influência da utilização de diferentes intensidades de exercício supramáximo (Experimento 1); verificar possíveis associações entre o $MAOD_{ALT}$ e as variáveis de desempenho provenientes do teste de *Wingate* ($WAnT$) (Experimento 2); verificar a sensibilidade do $MAOD_{ALT}$ em discriminar indivíduos com diferentes níveis de treinamento (Experimento 3); verificar o efeito da ingestão aguda de cafeína sobre o $MAOD_{ALT}$ (Experimento 4). No experimento 1, catorze indivíduos moderadamente ativos (26 ± 6 anos) foram submetidos a um teste incremental máximo para determinação do consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2MAX}$) e da intensidade associada ao $\dot{V}O_{2MAX}$ ($i\dot{V}O_{2MAX}$), dez exercícios em intensidades submáximas (30-90% da $i\dot{V}O_{2MAX}$) e oito exercícios em intensidades supramáximas (100-150% da $i\dot{V}O_{2MAX}$). Ainda, onze ciclistas (28 ± 4 anos) foram submetidos a um teste incremental e a dois esforços supramáximos (teste e reteste) na intensidade que apresentou o melhor nível de concordância com o máximo déficit acumulado de oxigênio determinado de modo convencional ($MAOD_C$). No experimento 2, quinze ciclistas de *mountain biking* do sexo masculino (31 ± 5 anos) foram submetidos a um teste incremental, um esforço supramáximo à intensidade de 115% da $i\dot{V}O_{2MAX}$ e um $WAnT$. No Experimento 3, cinquenta e cinco sujeitos foram divididos em três grupos: não treinados, recreacionalmente treinados e treinados. Em seguida, foram submetidos ao teste incremental e a um esforço supramáximo. E no Experimento 4, catorze ciclistas do sexo masculino (30 ± 6 anos) foram submetidos a um teste incremental e a dois esforços supramáximos suplementando previamente cafeína ($6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) ou placebo (dextrose) em um desenho duplo cego e cruzado. Como resultados gerais, foi verificado que: 1) $MAOD_{ALT}$ é um procedimento válido para estimar a capacidade anaeróbia, mas sofre influência da intensidade supramáxima; 2) a intensidade de exercício supramáximo que apresentou o melhor nível de associação com o $MAOD_C$ correspondeu a 115% da $i\dot{V}O_{2MAX}$; 3) $MAOD_{ALT}$ apresentou associações com as variáveis do $WAnT$; 4) $MAOD_{ALT}$ parece ser sensível em discriminar indivíduos com diferentes níveis de treinamento; 5) a ingestão aguda de cafeína melhorou o tempo até a exaustão, mas o $MAOD_{ALT}$ permaneceu inalterado. Conclui-se que o $MAOD_{ALT}$ é válido para estimativa da capacidade anaeróbia, reprodutível à intensidade de 115% da $i\dot{V}O_{2MAX}$, apresenta associações com o desempenho em teste anaeróbio, é sensível

em discriminar indivíduos com diferentes níveis de aptidão física e permanece inalterado após suplementação aguda de cafeína.

Palavras-chave: Capacidade anaeróbia. Equivalente de oxigênio. EPOC.

ABSTRACT

The present study was proposed to verify issues related to the validity, reliability and sensibility of an alternative protocol to estimate the maximal accumulated oxygen deficit using only supramaximal effort ($MAOD_{ALT}$) in cycling. In order to answer these questions, four experiments were carried out with the following objectives: to verify the validity of $MAOD_{ALT}$ and the effect of the use of different supramaximal intensities (Experiment 1); to verify possible associations between the $MAOD_{ALT}$ and performance in the Wingate test (WAnT) (Experiment 2); to verify the sensibility of $MAOD_{ALT}$ in to discriminate individuals with different training status (Experiment 3); to verify the effect of caffeine acute ingestion on $MAOD_{ALT}$ (Experiment 4). In the Experiment 1, fourteen active men (26 ± 6 years) performed a maximal incremental test to determine the maximal oxygen uptake ($\dot{V}O_{2MAX}$) and the intensity associated to $\dot{V}O_{2MAX}$ ($i\dot{V}O_{2MAX}$), ten submaximal efforts (30-90% da $i\dot{V}O_{2MAX}$) and eight supramaximal efforts (100-150% da $i\dot{V}O_{2MAX}$). In addition, eleven cyclists (28 ± 4 years) were submitted to a maximal incremental test and two supramaximal efforts at intensity that presented the best level of agreement with the maximal accumulated oxygen deficit determined by conventional method ($MAOD_C$). In Experiment 2, fifteen mountain biking men cyclists (31 ± 5 years) performed a maximal incremental test, a supramaximal effort at 115% of the $i\dot{V}O_{2MAX}$ and a WAnT. In Experiment 3, fifty-five men were divided in three groups: untrained, recreationally trained and trained. The subjects performed a maximal incremental test and a supramaximal effort. In Experiment 4, fourteen cyclists male (30 ± 6 years) were submitted to a maximal incremental test and two supramaximal efforts previously supplementing caffeine ($6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) or placebo (dextrose) in a double blind and crossover design. Such as results, it was verified that: 1) the $MAOD_{ALT}$ is a valid procedure to estimate the anaerobic capacity, however suffer influence of the supramaximal effort intensity; 2) The supramaximal intensity that presented the best level of agreement with the $MAOD_C$ corresponds to 115% of the $i\dot{V}O_{2MAX}$; 3) the $MAOD_{ALT}$ expressed in absolute values showed associations with the anaerobic performance evaluated in the WAnT; 4) the $MAOD_{ALT}$ seems to be sensible in to discriminate individuals with different training status. 5) The caffeine acute ingestion improved the time to exhaustion in the supramaximal effort, however, the $MAOD_{ALT}$ remained unaltered. Therefore, we concluded that the $MAOD_{ALT}$ is a valid procedure to estimate the anaerobic capacity, reproducible at 115% of $i\dot{V}O_{2MAX}$, presents associations with the performance in anaerobic test, remains unaltered after caffeine supplementation and is sensible in to discriminate individuals with different physical fitness.

Keywords: Anaerobic capacity. Oxygen equivalent. EPOC.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Determinação da demanda teórica do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) da intensidade de esforço supramáximo a 110% da intensidade do consumo máximo de oxigênio ($i\dot{V}O_{2MAX}$) (A) e do máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD) (B).....17
- Figura 2** - Representação das sessões de esforços submáximo e supramáximo.....33
- Figura 3.1** – Comparação dos valores correspondentes ao máximo déficit acumulado de oxigênio determinado pelo método convencional ($MAOD_C$) e por meio de uma única sessão de exercício supramáximo nas intensidades de 100, 105, 110, 115, 120, 130, 140 e 150% da intensidade associada ao consumo máximo de oxigênio ($MAOD_{ALT100}$, $MAOD_{ALT105}$, $MAOD_{ALT110}$, $MAOD_{ALT115}$, $MAOD_{ALT120}$, $MAOD_{ALT130}$, $MAOD_{ALT140}$, $MAOD_{ALT150}$). Os valores estão apresentados em valores absolutos (A), relativos à massa corporal (B), relativo à massa magra (MM) (C) e relativo à massa magra de membros inferiores (MM-MI) (D).....46
- Figura 3.2** – Análise gráfica de *Bland-Altman* entre os valores de $MAOD_{ALT}$ determinados em teste e reteste expressos em valores absolutos (A), relativos à massa corporal (B), massa magra (MM) (C) e massa magra de membros inferiores (MM-MI) (D).....51
- Figura 4.1** – Máximo déficit acumulado de oxigênio determinado em um único esforço supramáximo ($MAOD_{ALT}$) expresso em unidades absolutas (A), relativo à massa corporal (B) e à massa magra de membros inferiores (C) em indivíduos não treinados (n= 18), recreacionais (n= 27) e treinados (n= 10).....69
- Figura 5.1** – Diagrama do desenho do estudo conduzido de modo duplo-cego, cruzado e controlado por placebo.....77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Característica dos sujeitos do Experimento 1.....	42
Tabela 1.2 – Valores das respostas fisiológicas no momento de exaustão do teste incremental no estudo A (n=14).....	45
Tabela 1.3 – Intensidade, tempo até exaustão (t_{lim}), equivalente energético do metabolismo glicolítico ($W_{[La]}$), lactato de repouso ($[La^-]_{REPOUSO}$), lactato pico ($[La^-]_{PICO}$), diferença entre o $[La^-]_{REPOUSO}$ e $[La^-]_{PICO}$ ($\Delta[La^-]$), equivalente energético do metabolismo de fosfagênio (W_{PCR}), amplitude (A_1) e constante tempo (τ_1) do ajuste bi exponencial dos esforços supramáximos correspondentes a 100, 105, 110, 115, 120, 130, 140 e 150 % da intensidade associada ao consumo máximo de oxigênio ($MAOD_{ALT100}$, $MAOD_{ALT105}$, $MAOD_{ALT110}$, $MAOD_{ALT115}$, $MAOD_{ALT120}$, $MAOD_{ALT130}$, $MAOD_{ALT140}$, $MAOD_{ALT150}$).....	47
Tabela 1.4 – Análise de associação e concordância entre o $MAOD_C$ e o $MAOD_{ALT}$ determinado em diferentes intensidades supramáximas.....	48
Tabela 1.5 – Valores das respostas fisiológicas no momento de exaustão no teste incremental do estudo B (n=11).....	49
Tabela 1.6 – Tempo até a exaustão (t_{lim}), máximo déficit acumulado de oxigênio ($MAOD_{ALT}$), equivalentes energéticos dos metabolismos glicolítico ($W_{[La]}$) e de fosfagênio (W_{PCR}) determinados em teste e reteste (n=11).....	50
Tabela 2.1 – Valores de frequência cardíaca (FC), quociente respiratório (QR), concentração de lactato pico ($[La^-]_{PICO}$), tempo total e consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2MAX}$) obtidos no teste incremental máximo (n= 15).....	60
Tabela 2.2 – Potência pico (PP), potência média (PM), trabalho total (TT) e índice de fadiga avaliados no teste de <i>Wingate</i> (n=15).....	60
Tabela 2.3 – Coeficientes de correlação (IC95%) entre $MAOD_{ALT}$ e as variáveis provenientes do teste de <i>Wingate</i> (n=15).....	61
Tabela 3.1 – Características dos sujeitos do Experimento 3.....	67
Tabela 3.2 – Valores das respostas fisiológicas no momento de exaustão no teste incremental, intensidade associada ao consumo máximo de oxigênio ($i\dot{V}O_{2MAX}$) e tempo total.....	70

Tabela 3.3 – Valores de tempo até a exaustão (t_{lim}) e equivalentes energéticos no esforço supramáximo à intensidade de 115% da $i\dot{V}O_{2MAX}$	71
Tabela 4.1 – características dos sujeitos do Experimento 4 (n= 14).....	76
Tabela 4.2 – Valores de frequência cardíaca (FC), quociente respiratório (QR), concentração de lactato pico ($[La^-]_{PICO}$), consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2MAX}$), intensidade associada ao $\dot{V}O_{2MAX}$ ($i\dot{V}O_{2MAX}$) e tempo total obtidos no teste incremental máximo (n= 14).....	79
Tabela 4.3 - Valores de consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) de exaustão, percepção subjetiva de esforço (PSE), máximo déficit acumulado de oxigênio ($MAOD_{ALT}$) e equivalentes energéticos dos metabolismos mensurados à intensidade de 115% da $i\dot{V}O_{2MAX}$ após a suplementação de cafeína e placebo (n=14).....	80

LISTA DE ABREVIATURAS

CAn	Capacidade anaeróbia
ATP	Adenosina trifosfato
MAOD	Máximo déficit acumulado de oxigênio
EPOC_{RÁPIDO}	Componente rápido do consumo excessivo de oxigênio após o exercício
$\Delta[\text{La}^-]$	Variação na concentração de lactato
MAOD_{ALT}	Máximo déficit acumulado de oxigênio alternativo
$\dot{V}\text{O}_2$	Consumo de oxigênio
O_2	Oxigênio
$\dot{V}\text{O}_{2\text{MAX}}$	Consumo máximo de oxigênio
$i\dot{V}\text{O}_{2\text{MAX}}$	Intensidade associada ao consumo máximo de oxigênio
EPOC	Consumo excessivo de oxigênio após o exercício
CP	Creatina fosfato
ADP	Adenosina difosfato
CO_2	Dióxido de carbono
FC	Frequência cardíaca
PSE	Percepção subjetiva de esforço
$[\text{La}^-]$	Lactacidemia
$[\text{La}^-]_{\text{PICO}}$	Concentrações de lactato pico
$[\text{La}^-]_{\text{REPOUSO}}$	Lactacidemia de repouso
DXA	Densitometria Raio-x de dupla intensidade
MM-MI	Massa magra de membros inferiores
MM	Massa magra
MAOD_C	Máximo déficit acumulado de oxigênio determinado convencionalmente
QR	Quociente respiratório
FC_{MAX}	Frequência cardíaca máxima
t_{lim}	Tempo até a exaustão no esforço supramáximo
W_{PCR}	Equivalente sistema dos fosfagênios
$W_{[\text{La}]}$	Sistema glicolítico
A_1	Amplitude 1
τ_1	Constante de tempo 1
$\dot{V}\text{O}_{2\text{repouso}}$	Consumo de oxigênio de repouso

WAnT	Teste de <i>Wingate</i>
PP	Potência pico
PM	Potência média
IF	Índice de fadiga
TT	Trabalho total
ANOVA	Análise de variância
η^2	Tamanho do efeito
ICC	Correlação intraclasse
DP	Desvio padrão
IC95%	Intervalo de confiança de 95%
MC	Massa corporal
POMS	<i>Profile of Mood State</i>
MAOD_{ALT100}	MAOD _{ALT} determinado a partir da intensidade de 100% da $i\dot{V}O_{2MAX}$
MAOD_{ALT105}	MAOD _{ALT} determinado a partir da intensidade de 105% da $i\dot{V}O_{2MAX}$
MAOD_{ALT110}	MAOD _{ALT} determinado a partir da intensidade de 110% da $i\dot{V}O_{2MAX}$
MAOD_{ALT115}	MAOD _{ALT} determinado a partir da intensidade de 115% da $i\dot{V}O_{2MAX}$
MAOD_{ALT120}	MAOD _{ALT} determinado a partir da intensidade de 120% da $i\dot{V}O_{2MAX}$
MAOD_{ALT130}	MAOD _{ALT} determinado a partir da intensidade de 130% da $i\dot{V}O_{2MAX}$
MAOD_{ALT140}	MAOD _{ALT} determinado a partir da intensidade de 140% da $i\dot{V}O_{2MAX}$
MAOD_{ALT150}	MAOD _{ALT} determinado a partir da intensidade de 150% da $i\dot{V}O_{2MAX}$
ES	Tamanho do efeito
W_{AER}	Contribuição do metabolismo aeróbio
$\Delta\%$	Variação percentual

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD)	16
2.2 Aspectos metodológicos de determinação do MAOD	18
2.3 Método alternativo para estimativa do MAOD	20
2.3.1 Estimativa da contribuição energética anaeróbia durante o exercício	20
2.3.2 MAOD alternativo	23
3 JUSTIFICATIVA	27
4 OBJETIVOS	28
4.1 Objetivo Geral	28
4.2 Objetivos específicos	28
5 METODOLOGIA	29
5.1 Delineamento experimental	29
5.2 Sujeitos	29
5.3 Procedimentos experimentais	30
5.3.1 Análise das variáveis respiratórias, frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço	30
5.3.2 Análise das concentrações sanguíneas de lactato	30
5.3.4 Análise da composição corporal por densitometria Raio-x de dupla intensidade	31
5.4 Experimento 1	31
5.4.1 Teste incremental máximo	31
5.4.2 Exercícios submáximos	32
5.4.3 Exercícios supramáximos	32
5.4.4 Determinação do máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD _C)	33
5.4.5 Determinação do MAOD alternativo (MAOD _{ALT})	34
5.4.6 Reprodutibilidade do MAOD _{ALT}	34
5.5 Experimento 2	34
5.5.1. Teste de <i>Wingate</i> (WAnT)	35
5.6 Experimento 3	35
5.7 Experimento 4	35
5.7.1 Suplementação de cafeína	36
5.8 Análise estatística	36

5.8.1 Análise estatística do Experimento 1	36
5.8.2 Análise estatística do Experimento 2	37
5.8.3 Análise estatística do Experimento 3	37
5.8.4 Análise estatística do Experimento 4	37
6 RESULTADOS	38
6.1 Experimento 1	39
6.2 Experimento 2	55
6.3 Experimento 3	64
6.4 Experimento 4	74
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
8 LIMITAÇÃO GERAL DO PROCEDIMENTO	86
9 CONCLUSÃO	87

1 INTRODUÇÃO

A capacidade anaeróbia (CAn) é definida como a capacidade máxima de ressíntese de adenosina trifosfato (ATP) realizada pelos metabolismos anaeróbios (sistemas de fosfagênios e glicolítico) (MEDBO et al., 1988; BERTUZZI et al., 2010; NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010), de modo que sua mensuração tem sido considerada importante devido à sua significativa participação em modalidades esportivas que exigem esforços de alta intensidade e curta duração. Dentre os métodos conhecidos, o máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD) é o procedimento mais aceito para mensuração da CAn, sendo considerado um método não invasivo válido, reprodutível, sensível a algumas substâncias ergogênicas e à massa muscular envolvida no exercício (MEDBO et al., 1988; BERTUZZI et al., 2008; NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010; ZAGATTO et al., 2011).

O MAOD tem sido correlacionado com o desempenho em provas de curta distância e alguns testes de mensuração da capacidade anaeróbia (SCOTT et al., 1991; HILL, 1996; DAL PUPO et al., 2013; BERTUZZI et al., 2015), sendo um método amplamente utilizado para validar outros protocolos de avaliação anaeróbia (BERTUZZI et al., 2010; ZAGATTO et al., 2011; ZAGATTO; GOBATTO, 2012). No entanto, apesar do MAOD ser muito bem aceito cientificamente, a necessidade da aplicação de várias sessões de exercício submáximo inviabiliza a aplicação desse procedimento na avaliação de atletas. Assim, alguns estudos têm mostrado resultados que sugerem alternativas para diminuir o tempo gasto na determinação do MAOD (BERTUZZI et al., 2010; BORTOLOTTI et al., 2010).

A CAn determinada pelo MAOD representa tanto a contribuição energética do metabolismo glicolítico quanto dos fosfagênios, não sendo possível discriminá-los. No entanto, a energia equivalente do metabolismo dos fosfagênios tem sido mensurada por meio da análise do componente rápido do consumo excessivo de oxigênio após o exercício (EPOC_{RÁPIDO}) (BENEKE et al., 2004; BERTUZZI et al., 2007; MELLO et al., 2009), enquanto que o equivalente energético do metabolismo glicolítico tem sido mensurada pela variação na concentração de lactato ($\Delta[\text{La}^-]$) observada em repouso e após o exercício, considerando o equivalente energético de 3 mL de $\text{O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ para cada 1 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ de lactato (DI PRAMPERO, 1981; DI PRAMPERO; FERRETTI, 1999). Esses procedimentos têm sido utilizados principalmente para estimar a contribuição energética anaeróbia em diferentes esforços e modalidades esportivas (BENEKE et al., 2004; BERTUZZI et al., 2007; MELLO et al., 2009; DORIA et al., 2009; ZAGATTO et al., 2011; ZAGATTO; GOBATTO, 2012).

Bertuzzi e colaboradores (2010) propuseram uma alternativa para estimar o MAOD utilizando os equivalentes de oxigênio dos metabolismos glicolítico e de fosfagênio ($MAOD_{ALT}$) em apenas uma sessão de exercício supramáximo à 110% da intensidade máxima alcançada em teste incremental. Não foram observadas diferenças significativas entre o MAOD determinado de modo convencional e o $MAOD_{ALT}$. Ainda mais, foram verificadas altas correlações entre os protocolos ($r= 0,78$; $p= 0,014$). Desta maneira, Bertuzzi e colaboradores (2010) concluíram que o $MAOD_{ALT}$ parece ser um método alternativo para determinação da CAn, necessitando de maiores investigações sobre esse procedimento.

Em outro estudo que investigou as participações anaeróbias durante quatro diferentes esforços exaustivos no tênis de mesa, Zagatto e Gobatto (2012) também não verificaram diferenças entre a soma dos equivalentes de oxigênio do metabolismo glicolítico e dos fosfagênios com o MAOD em teste específico para o tênis de mesa, fortalecendo a possibilidade de mensurar o MAOD em apenas uma sessão de exercício supramáximo. No entanto, é necessário realizar novas investigações sobre a utilização do $MAOD_{ALT}$ para determinação do MAOD, como: a) a influência da intensidade de exercício supramáximo, devido à dependência do tempo necessário para exaurir todo o montante de energia produzida pelo metabolismo anaeróbio (MEDBO et al., 1988); b) a reprodutibilidade da medida, que é uma importante questão para sua utilização por treinadores, atletas e pesquisadores; c) associações com o desempenho em esforços de alta intensidade e curta duração, devido à similar necessidade de energia advinda do metabolismo “anaeróbio” (SCOTT et al., 1991); d) o efeito de algum recurso ergogênico sobre a determinação do $MAOD_{ALT}$, como é o caso da alteração do comportamento do EPOC pela cafeína (ASTORINO et al., 2011); e) e sensibilidade a diferentes níveis de aptidão anaeróbia, devido às diferenças encontradas para indivíduos com diferentes características de treinamento (SCOTT et al., 1991; GASTIN; LAWSON, 1994) e pela sensibilidade desse índice fisiológico ao treinamento predominantemente anaeróbio (TABATA et al., 1996).

Assim, a validação do $MAOD_{ALT}$ em cicloergômetro, sua reprodutibilidade, sensibilidade em discriminar diferentes níveis de desempenho anaeróbio e a sugestão de um protocolo confiável para determinação do $MAOD_{ALT}$ permitiria maior rapidez e praticidade para determinação da CAn em qualquer momento da temporada de treinamento. Desse modo, faz-se necessário comparar o $MAOD_{ALT}$ com o MAOD convencional de maneira mais robusta e confiável como sugerido por Noordhof, De Koning e Foster (2010), verificando a reprodutibilidade, influência das intensidades supramáximas e sensibilidade para discriminar diferentes níveis de CAn, além de detectar mudanças no sistema dos fosfagênios.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD)

As qualidades físicas envolvidas, as peculiaridades de cada modalidade esportiva e principalmente o perfil bioenergético dos esforços predominantes na competição são fatores de grande importância na elaboração de um planejamento voltado para o treinamento de forma objetiva e eficaz. As avaliações específicas dos metabolismos oxidativo, glicolítico e de fosfogênio têm contribuído cada vez mais na avaliação do estado de treinamento de atletas, monitoramento do treinamento e prescrição das intensidades de esforço (CRAIG et al., 1993; PYNE; LEE; SWANWICK, 2001). Um índice fisiológico importante em esforços de alta intensidade e curta duração é a CAn, que pode ser definida como a máxima quantidade de energia produzida por vias não mitocondriais, que corresponde à hidrólise da creatina fosfato e da glicólise anaeróbia (MEDBO et al., 1988; NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010).

Entretanto, a complexidade da avaliação da CAn está relacionada principalmente à dificuldade de acesso aos marcadores que melhor representam a contribuição energética do metabolismo anaeróbio (BERTUZZI et al., 2008) e sendo assim, inexistente um procedimento considerado como “padrão ouro” para sua determinação. Além disso, mesmo em outros protocolos utilizados para avaliação anaeróbia, como em avaliações de desempenho em testes máximos de curta duração, ainda existe uma significativa contribuição do metabolismo aeróbio (BENEKE et al., 2002).

O conceito de déficit de oxigênio foi introduzido a partir das investigações do comportamento do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) na transição do repouso ao exercício (KROGH; LINDHARD, 1920), de modo que corresponde à significativa contribuição do metabolismo anaeróbio (quebra dos fosfatos de alta energia e formação de lactato) na produção de energia nos instantes iniciais do esforço e redução no volume dos estoques de oxigênio (DI PRAMPERO; FERRETTI, 1999). Nesse sentido, Medbø e colaboradores (1988) partiram da premissa de que: 1) A demanda de oxigênio do exercício retangular é constante e; 2) que essa demanda pode ser extrapolada por meio de uma relação linear entre intensidade de exercício e $\dot{V}O_2$. Assim, esses autores sugeriram o MAOD como um método para determinar a CAn.

O MAOD corresponde à diferença entre a área da demanda de $\dot{V}O_2$ teórica e a área do $\dot{V}O_2$ real de um exercício supramáximo. Para estimar o $\dot{V}O_2$ em intensidades supramáximas é

construída uma reta de regressão linear por meio da relação entre a $\dot{V}O_2$ e intensidade de exercício (Figura 1A). Em seguida, aplica-se o exercício supramáximo até a exaustão mensurando o $\dot{V}O_2$ acumulado durante o esforço (Figura 1B). Desse modo, a demanda teórica do oxigênio (O_2) da intensidade de exercício supramáximo menos a demanda real proporciona o cálculo do MAOD (MEDBO et al., 1988).

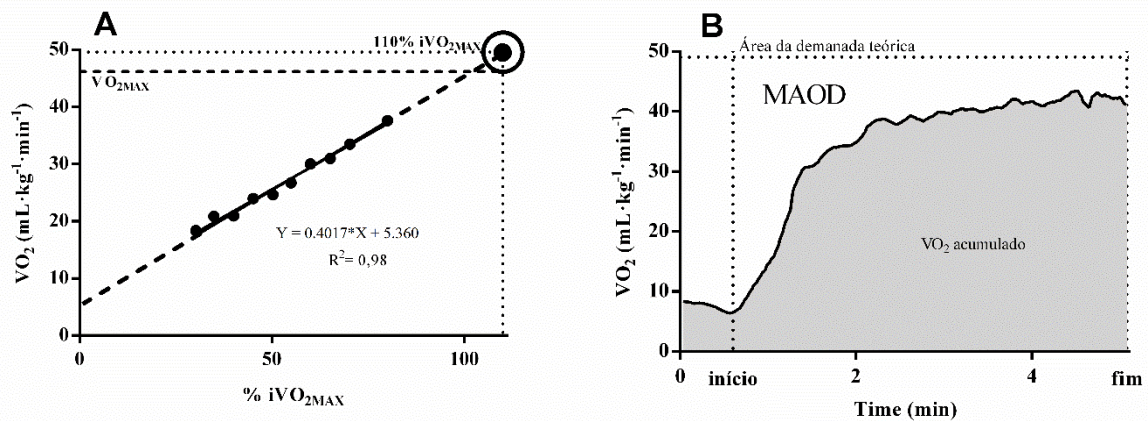


Figura 1 – Determinação da demanda teórica do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) da intensidade de esforço supramáximo a 110% da intensidade do consumo máximo de oxigênio ($i\dot{V}O_{2MAX}$) (A) e do máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD) (B).

A estimativa da demanda teórica de $\dot{V}O_2$ na intensidade de exercício supramáximo pode ser realizada pela extrapolação linear da relação $\dot{V}O_2$ e intensidade, construída por meio da aplicação de diversas sessões de exercícios submáximos com duração entre 7 a 10 minutos, aproximadamente (MEDBO et al., 1988; NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010), fixando o y-intercepto em 5 mL.kg⁻¹.min⁻¹ e aplicar a intensidade supramáxima entre 110 e 120% da $i\dot{V}O_{2MAX}$.

A validade do MAOD proposto por Medbø et al. (1988) para avaliação da CAn baseou-se na verificação de valores de MAOD similares obtidos em situação de hipóxia (simulando uma altitude de aproximadamente 3500 metros) e normóxia. Ainda mais, foram observados valores semelhantes obtidos a partir de intensidades supramáximas com duração acima de 2 minutos. Esses achados indicaram que não se tratavam de resultados aleatórios e desse modo, fortaleceu o conceito de capacidade anaeróbia. Além disso, o MAOD tem apresentado sensibilidade ao treinamento intervalado de alta intensidade (TABATA et al., 1996; WEBER; SCHNEIDER, 2002), capacidade de discriminar sujeitos com diferentes estados de treinamento (SCOTT et al., 1991; GASTIN; LAWSON, 1994) e sensibilidade às substâncias ergogênicas

como creatina, cafeína e bicarbonato de sódio (JACOBS; BLEUE; GOODMAN, 1997; BELL; JACOBS; ELLERINGTON, 2001; BRISOLA et al., 2015).

2.2 Aspectos metodológicos de determinação do MAOD

Os principais questionamentos sobre o MAOD levam em consideração as premissas de que a demanda de oxigênio do exercício retangular é constante e que essa demanda pode ser extrapolada por meio de uma relação linear entre intensidade de exercício e $\dot{V}O_2$ (BANGSBO, 1996; GRAHAM, 1996; MEDBO, 1996).

No estudo de Medbø et al. (1988) foi sugerido que pelo menos dez exercícios em intensidades submáximas são necessárias para construir uma reta de regressão linear confiável correspondente a relação entre intensidade de exercício e $\dot{V}O_2$. Entretanto, alguns estudos têm utilizado oito esforços (CRAIG; MORGAN, 1998), seis (WEBER; SCHNEIDER, 2001), cinco (ZAGATTO et al., 2011) e até mesmo quatro (ZAGATTO; GOBATTO, 2012) esforços para estimativa da demanda energética do esforço supramáximo. Buck e McNaughton (1999) observaram a ocorrência de imprecisões na determinação do MAOD quando foram utilizados menos do que dez pontos no ajuste matemático. O efeito do número de esforços submáximos aplicados tem influência no cálculo do MAOD devido à perda de linearidade da relação entre intensidade e $\dot{V}O_2$, principalmente nas intensidades submáximas mais altas (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010).

Embora diversos estudos tenham buscado reduzir a quantidade de exercícios em intensidades submáximas, Noordhof, De Koning e Foster (2010) destacaram em artigo de revisão que o efeito do número de esforços submáximos pode ser reduzido por meio da utilização de um y-intercepto fixo para estabelecer a relação entre intensidade de exercício e o $\dot{V}O_2$. Assim, para garantir um procedimento com maior precisão e confiabilidade, deve-se utilizar entre 10 e 15 exercícios submáximos e o y-intercepto fixo na construção da reta de regressão linear correspondente a intensidade de exercício e $\dot{V}O_2$, garantindo um ajuste mais robusto dessa relação.

Em relação à intensidade e duração dos esforços submáximos, utiliza-se a média dos instantes finais do exercício submáximos para representar a demanda de O_2 necessária para realização de cada intensidade. Por este motivo, deve-se atentar às respostas do $\dot{V}O_2$ durante o exercício devido aos desvios na linearidade causados pelas intensidades de exercício muito

baixas (MEDBO et al., 1988) e a influência do componente lento da cinética do $\dot{V}O_2$, que pode contribuir para a determinação equivocada da demanda energética correspondente a intensidade (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010).

Bortolotti et al. (2010) analisaram a influência de diferentes durações dos exercícios submáximos na determinação do MAOD. Esses autores aplicaram estágios de 10 minutos e não encontraram diferenças no MAOD ao utilizar os valores de $\dot{V}O_2$ correspondentes aos períodos 4-6 minutos, 6-8 minutos e 8-10 minutos. Entretanto, Buck e McNaughton (1999) investigaram a utilização dos períodos 2-4, 4-6, 6-8 e 8-10 minutos e encontraram valores menores de MAOD quando foram utilizados os períodos mais curtos. Desse modo, devido às divergências encontradas na literatura, para adquirir uma maior confiança na determinação da demanda energética do exercício supramáximo, recomenda-se que a duração dos exercícios submáximos tenha duração de 4-10 minutos e que variem em intensidades entre 30 e 90% da $i\dot{V}O_{2MAX}$ (MEDBO et al., 1988; NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010).

O cálculo da área do $\dot{V}O_2$ acumulado é realizado com base no $\dot{V}O_2$ mensurado durante o teste e a duração do exercício supramáximo, sendo dependente do tempo total de teste. Medbø et al. (1988) investigaram a duração dos exercícios supramáximos de 15 e 30 segundos, e 1, 2 e 4 minutos ou mais. O MAOD aumentou conforme o aumento da duração do exercício supramáximo, porém quando a duração foi maior do que dois minutos apresentaram valores similares de MAOD. Esses resultados fortaleceram a validade do MAOD como preditor da capacidade anaeróbia e indicaram um tempo mínimo necessário para a realização do exercício supramáximo.

A duração de pelo menos dois minutos de exercício é necessária para que possibilite a utilização máxima das fontes anaeróbias de energia (WEBER; SCHNEIDER, 2001). Weber e Schneider (2001) investigaram a utilização de intensidades supramáximas com intensidade de 110 e 120% da $i\dot{V}O_{2MAX}$ em cicloergômetro e não encontraram diferenças significativas na determinação do MAOD, corroborando a utilização de esforços supramáximos que atinjam a exaustão em aproximadamente 2 ou 3 minutos de esforço. As intensidades de esforços supramáximos que alcançam a exaustão nessa duração são encontradas em intensidades que variam de 110 a 120 % da $i\dot{V}O_{2MAX}$ na esteira (MEDBO et al., 1988; FRIEDMANN et al., 2007; ZAGATTO et al., 2011), no cicloergômetro (CRAIG et al., 1993; WEBER; SCHNEIDER, 2001; 2002; BORTOLOTTI et al., 2010) e no tênis de mesa (ZAGATTO; GOBATTO, 2012).

O MAOD tem demonstrado ser dependente da massa muscular ativa, sendo que quanto maior a massa muscular envolvida, maior o potencial de transferência de energia pelo metabolismo anaeróbio durante o esforço. Desse modo, os procedimentos aplicados em esteira devem considerar o fator da inclinação, já que esforços realizados em plano inclinado exigem uma demanda energética diferente comparada ao plano horizontal (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010). Medbø et al. (1988) realizaram o MAOD em esteira com inclinação de 10,5% para manter a velocidade mais baixa mesmo em intensidades altas. No entanto, Sloniger et al. (1997) verificou diferentes valores dos maiores déficits de oxigênio em corridas em esteiras determinadas com 0 e 10° de inclinação. Do mesmo modo, a avaliação da capacidade anaeróbia em cicloergômetro, por exemplo, deve considerar possíveis efeitos da cadência escolhida (RUSSELL et al., 2002). Sendo assim, seria recomendável a utilização de cadências fixas (cicloergômetro) (HILL; VINGREN, 2012) ou corrida sem inclinação (esteira) durante todo o procedimento de determinação do MAOD, para evitar possíveis erros causados por variações metodológicas desse tipo.

Embora seja um método considerado válido na estimativa da capacidade anaeróbia, o MAOD possui algumas limitações metodológicas. Devido à necessidade de diversas sessões de exercícios submáximos em diferentes dias, o MAOD muitas vezes se torna inviável pelo comprometimento da rotina de treinamento do atleta. Desse modo, têm-se buscado alternativas com menor dispêndio de tempo para estimativa do MAOD (BICKHAM et al., 2002; BERTUZZI et al., 2010; ZAGATTO; GOBATTO, 2012).

2.3 Método alternativo para estimativa do MAOD

2.3.1 Estimativa da contribuição energética anaeróbia durante o exercício

A adenosina trifosfato (ATP) é constantemente ressintetizada durante o exercício pelos três sistemas energéticos (sistema oxidativo, sistema de fosfagênio e sistema glicolítico). A formação de ATP por vias não mitocondriais (sistema de fosfagênio e sistema glicolítico) derivam da quebra da creatina fosfato e do glicogênio muscular (MEDBO et al., 1988). Entretanto, o acesso a marcadores que permitam a mensuração da contribuição desses metabolismos é limitado e alguns métodos têm sido propostos com o objetivo de quantificar a participação desses metabolismos.

No início do exercício, no momento da transição do repouso ao exercício, ocorre uma resposta exponencial do $\dot{V}O_2$ (BURNLEY; JONES, 2007). Entretanto, após o término do exercício, a cinética do $\dot{V}O_2$ apresenta um comportamento similar ao início do exercício, de modo que os valores de $\dot{V}O_2$ não retornam imediatamente aos valores de repouso. Acredita-se que a fase rápida desse consumo excessivo de oxigênio após o exercício (EPOC) se deve, em grande parte, à ressíntese da creatina fosfato (CP) (MARGARIA; EDWARDS; DILL, 1933; BENEKE et al., 2002; BENEKE et al., 2004). Isso tem sido confirmado a partir da verificação de que a ressíntese de creatina fosfato é mais rápida em condições com menor disponibilidade de oxigênio. Adicionalmente, o mecanismo que envolve esse processo se dá pela permeabilidade da membrana externa mitocondrial, que permite a entrada de creatina entre as membranas mitocondriais, resultando em produção de adenosina difosfato (ADP) e ressíntese de CP devido ao aumento da atividade da isoforma mitocondrial da enzima creatina quinase (BERTUZZI; RUMENING-SOUZA, 2009).

Os autores que formularam uma das principais hipóteses sobre essa premissa foram Margaria, Edwards e Dill (1933), que sugeriram que o EPOC estaria dividido em dois componentes distintos: uma fase com decaimento rápido (débito de oxigênio alático), que foi associado a restauração dos fosfagênios; e uma fase lenta (débito de oxigênio láctico), que estaria associada a gliconeogênese envolvendo a oxidação do ácido láctico. Em seguida, foi sugerida a utilização do termo EPOC (i.e. consumo excessivo de oxigênio após o exercício) devido à inexistência de uma evidente relação de causa e efeito entre o “débito láctico” e a remoção do lactato (GAESSER; BROOKS, 1984). Por fim, diversos estudos têm utilizado o componente rápido do EPOC (EPOC_{RÁPIDO}) para estimar a contribuição do sistema de fosfagênio em diversas tarefas (BENEKE et al., 2002; BENEKE et al., 2004; BERTUZZI et al., 2007; BERTUZZI et al., 2010; ZAGATTO et al., 2011; ZAGATTO; GOBATTO, 2012).

A estimativa da contribuição do metabolismo de fosfagênio por meio do EPOC_{RÁPIDO} depende da identificação dos componentes rápido e lento da cinética do $\dot{V}O_2$. Estudos relacionados ao EPOC muitas vezes consideram o cálculo da área sob a curva do $\dot{V}O_2$ como forma de quantificar sua magnitude (BORSHEIM; BAHR, 2003). Por exemplo, Astorino e colaboradores (2011) verificaram um aumento do EPOC após a suplementação de cafeína utilizando o cálculo da área sob a curva do EPOC. Entretanto, especificamente para a estimativa da contribuição do metabolismo dos fosfagênio, tem sido utilizado um ajuste matemático para auxiliar a determinação e análise dos componentes rápido e lento do EPOC (ROBERTS; MORTON, 1978; BENEKE et al., 2002; BERTUZZI et al., 2010b). Esses ajustes matemáticos

permitem identificar o tempo de duração do $EPOC_{RÁPIDO}$ e embora muitas vezes seja necessária a utilização de *softwares* específicos para a modelagem matemática do EPOC, Bertuzzi et al. (2010b) não verificaram diferenças significativas no $EPOC_{RÁPIDO}$ determinado por meio de ajustes matemáticos e pelo método visual, sugerindo a possibilidade de se estimar a contribuição do metabolismo de fosfagênio com relativa facilidade.

O lactato é um subproduto do metabolismo do sistema glicolítico e é formado no citosol celular a partir da quebra da molécula de glicose/glicogênio, resultando na formação de piruvato, que por meio de uma reação catalisada pela enzima lactato desidrogenase, se liga a $NADH + H$ (ROBERGS; GHIASVAND; PARKER, 2004) e é transportada para a corrente sanguínea por meio dos transportadores monocarboxílicos (JUEL; HALESTRAP, 1999). Esse metabólito tem sido considerado o principal marcador da contribuição da via glicolítica em diversas atividades (BENEKE et al., 2002; BENEKE et al., 2004; BERTUZZI et al., 2007; MELLO et al., 2009; BERTUZZI et al., 2010; ZAGATTO et al., 2011; ZAGATTO; GOBATTO, 2012), de modo que seu comportamento em resposta às intensidades de exercício tem sido utilizados nos protocolos mais confiáveis de avaliação da capacidade aeróbia (TEGTBUR; BUSSE; BRAUMANN, 1993; BENEKE, 2003; SIMOES et al., 2003).

Nesse sentido, tem sido sugerida a utilização das concentrações de lactato sanguíneo produzidas durante o exercício para estimar a contribuição do metabolismo glicolítico em unidades que possibilitam a análise de forma conjunta às outras vias energéticas (DI PRAMPERO; FERRETTI, 1999). No estudo de Di Prampero e Ferretti (1999) foi elucidada a possibilidade de se estimar um equivalente energético (em unidades de oxigênio) para o acúmulo correspondente a cada $1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ de lactato. Esses autores partiram do pressuposto de que o pico da concentração de lactato sanguíneo (valor observado entre o 5º e 8º minutos após o esforço) é equivalente em todos os fluidos corporais e que a fração de água do sangue e de todo o corpo corresponde a 0,8 e 0,6, respectivamente. A partir dessas afirmações, foi possível calcular uma taxa de aumento linear da quantidade equivalente ao acúmulo de lactato por quilogramas de massa corporal (em $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) em relação à potência metabólica correspondente (em $\text{kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$). Assim, os estudos têm calculado valores equivalentes de O_2 para as concentrações de lactato sanguíneo, permitindo também a transformação desses valores em unidades de trabalho (BENEKE et al., 2002; BENEKE et al., 2004; BERTUZZI et al., 2007; ZAGATTO et al., 2011; ZAGATTO; GOBATTO, 2012).

Em 2002, Beneke e colaboradores utilizaram uma metodologia de estimativa da contribuição do metabolismo de fosfagênio pelo $EPOC_{RÁPIDO}$ e a contribuição do metabolismo glicolítico sugerida por Di Prampero e Ferretti (1999) para investigar a contribuição dos

metabolismos energéticos durante o teste de *Wingate* em cicloergômetro (BENEKE et al., 2002). Esses autores realizaram o esforço máximo de 30 segundos com análise do $\dot{V}O_2$ acumulado durante o exercício, das concentrações sanguíneas de lactato e do $EPOC_{RÁPIDO}$, permitindo calcular o percentual de contribuição de cada um dos metabolismos energéticos. Do mesmo modo, outros estudos foram publicados seguindo a mesma lógica metodológica para investigar a participação dos metabolismos oxidativo, glicolítico e de fosfagênio em esforços de diferentes modalidades esportivas como o Karatê (BENEKE et al., 2004; DORIA et al., 2009; BUSSWEILER; HARTMANN, 2012), escalada *indoor* (BERTUZZI et al., 2007), remo (MELLO et al., 2009), tae-kwon-do (CAMPOS et al., 2012) e tênis de mesa (ZAGATTO; GOBATTO, 2012; ZAGATTO et al., 2016, no prelo).

2.3.2 MAOD alternativo

A análise da contribuição dos metabolismos energéticos durante os protocolos de avaliação, principalmente testes anaeróbios (BENEKE et al., 2002; ZAGATTO et al., 2011), e os estudos que tiveram o objetivo de verificar o perfil bioenergético de determinados esportes permitem verificar a confiabilidade desses procedimentos de avaliação para tal objetivo e contribuir para elaboração do treinamento de forma mais específica. Entretanto, os esforços utilizados nesses estudos geralmente são relacionados aos movimentos específicos da modalidade ou mesmo exercícios em que o indivíduo é submetido a um esforço máximo buscando a maior intensidade possível, não sendo possível assumir que houve uma contribuição máxima do metabolismo anaeróbio. Entretanto, na determinação do MAOD é necessária a aplicação de um exercício supramáximo com intensidade constante até a exaustão, permitindo considerar que a análise da contribuição anaeróbia desse esforço deveria ser semelhante ao MAOD.

Nesse sentido, Bertuzzi et al. (2010a) sugeriram a utilização desses métodos de quantificação da contribuição energética de cada metabolismo em cicloergômetro como uma forma alternativa para estimar o MAOD. Esses autores (BERTUZZI et al., 2010a) aplicaram o MAOD utilizando seis cargas submáximas para construção da reta de regressão linear e um exercício supramáximo com intensidade correspondente a 110% da potência máxima alcançada no teste incremental. Ao aplicar o exercício supramáximo, o MAOD foi determinado por meio da diferença entre a área da demanda teórica de $\dot{V}O_2$ e área de $\dot{V}O_2$ acumulado mensurado durante o teste, assim como o procedimento sugerido por Medbo et al. (1988). Nesse mesmo

esforço também foi analisado o $EPOC_{RÁPIDO}$ e as concentrações de lactato pico após o teste, como utilizado em outros estudos para verificar a contribuição energética dos sistemas glicolítico e de fosfagênio. Esses autores não encontraram diferenças entre o MAOD e os equivalentes de O_2 do metabolismo anaeróbio (soma dos equivalentes de oxigênio dos sistemas glicolítico e de fosfagênio), e sugeriram esse novo método de determinação do MAOD (MAOD alternativo) como um procedimento válido para avaliar a capacidade anaeróbia.

Outros estudos têm indicado a possibilidade deste método em estimar o MAOD. Por exemplo, no estudo de Zagatto e Gobatto (2012) não foram observadas diferenças entre o MAOD e os equivalentes de O_2 dos metabolismos glicolítico e de fosfagênio em teste específico no tênis de mesa, expressos em litros de O_2 ou mesmo em unidades de trabalho. Urso e colaboradores (2013) compararam a contribuição do metabolismo glicolítico, subtraindo o equivalente de oxigênio do $EPOC_{RÁPIDO}$ dos valores de MAOD, com o equivalente de oxigênio calculado pelo método da expressão de oxigênio correspondente ao acúmulo de lactato e não verificaram diferenças significativas. Assim, a soma do metabolismo de fosfagênio (determinado por meio do $EPOC_{RÁPIDO}$) e do metabolismo glicolítico (determinado por meio das concentrações de lactato sanguíneo) de um exercício supramáximo em intensidade constante parece ser válido para estimativa do MAOD.

Brisola et al. (2015) investigaram o efeito da suplementação de bicarbonato de sódio ($3 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) sobre o $MAOD_{ALT}$ e sua associação com o desempenho em corrida de 200 e 400 m. Esses autores observaram que o $MAOD_{ALT}$ e o equivalente energético do metabolismo glicolítico foram maiores com a suplementação de bicarbonato de sódio em comparação com o placebo. No entanto, não foram observadas correlações significativas com o desempenho nas provas de 200 e 400 m, que segundo os autores possivelmente foi devido as características dos sujeitos (i.e. indivíduos não treinados). Embora não tenham sido observadas correlações significativas com o desempenho, o $MAOD_{ALT}$ parece ser sensível em identificar as alterações causadas nos metabolismos glicolítico e de fosfagênio, tais como adaptações ao treinamento ou a utilização de recursos ergogênicas.

Milioni et al. (2016) também investigaram o efeito da suplementação aguda de altas dosagens de taurina (6 g) sobre o $MAOD_{ALT}$. Esses autores não encontraram diferenças significativas no tempo até a exaustão no esforço supramáximo a 110% da $i\dot{V}O_{2MAX}$, nos equivalentes energéticos dos metabolismos oxidativo, glicolítico e de fosfagênio, e também no $MAOD_{ALT}$ após a suplementação de taurina em comparação com a condição placebo. Assim, esses estudos têm utilizado o $MAOD_{ALT}$ para detectar possíveis alterações causadas por diferentes substâncias ergogênicas.

No entanto, é importante ressaltar que no estudo de Bertuzzi et al. (2010a) em cicloergômetro foram utilizadas somente seis esforços submáximos para construção da reta de regressão linear da relação entre $\dot{V}O_2$ e intensidade de exercício, similar a quantidade utilizada por Zagatto e Gobatto (2012) no tênis de mesa, de modo que é um número menor de esforço do que o recomendado para obtenção de uma maior confiança na determinação do MAOD (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010).

A validade do método de estimativa da CAn por meio da análise da contribuição energética dos metabolismos se baseia nas considerações de que: 1) o componente rápido do EPOC (EPOC_{RÁPIDO}) é responsável em grande parte pela restauração dos estoques de creatina fosfato (CP) utilizadas durante o esforço; 2) a contribuição do metabolismo glicolítico pode ser realizada por meio da análise da variação do lactato sanguíneo antes e após o esforço. No entanto, mesmo que esses métodos sejam utilizados em diversos estudos que analisaram a contribuição energética dos metabolismos (BENEKE et al., 2002; BENEKE et al., 2004; BERTUZZI et al., 2007), existe a necessidade de investigar a validade, reprodutibilidade e sensibilidade desse protocolo de avaliação.

No estudo de Medbø et al. (1988), os autores verificaram que os valores de MAOD permaneceram constante em esforços supramáximos com duração de pelo menos dois minutos, que fortalece o conceito de capacidade anaeróbia. Além disso, a validade do MAOD em estimar a capacidade anaeróbia pode ser verificada em estudos que não encontraram diferenças no MAOD em situação de hipóxia e normóxia (MEDBO et al., 1988; FRIEDMANN et al., 2007). Por este motivo, relação a intensidade de esforço supramáximo utilizado e o comportamento dos valores correspondentes a estimativa da CAn pelo MAOD_{ALT} deve ser semelhante aos resultados encontrado por Medbo et al. (1988) com o MAOD_C.

Assim, a possibilidade da estimativa do MAOD por meio da utilização de apenas um exercício supramáximo proporcionaria economia de tempo em relação ao MAOD determinado de forma convencional. Ainda mais, caso validado, este método ainda permitiria discriminar o metabolismo de fosfagênio do metabolismo glicolítico, auxiliando na prescrição e avaliação de atletas, além de verificar possíveis respostas a substâncias ergogênicas direcionadas especificamente para cada metabolismo (BRISOLA et al., 2015; MILIONI et al., 2016, no prelo).

Outro ponto importante é que para treinadores e atletas que necessitem avaliar a CAn, é necessário confiança nos valores obtidos, ou seja, confiar que possíveis alterações no MAOD são devido a alterações reais causadas pelo treinamento e não, erros randômicos (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010). No estudo de Jacobs, Bleue e Goodman (1997) foi verificado

que o MAOD não apresentou diferenças significativas em teste e reteste em homens e mulheres de diferentes níveis de aptidão física ($3,995 \pm 1,233$ L vs $4,030 \pm 1,235$ L), além de apresentar um coeficiente de correlação de 0,97 ($p < 0,05$). Ainda mais, Weber e Schneider (2001) investigaram a reprodutibilidade do MAOD determinado em exercício supramáximo por meio de teste e reteste a intensidade de 110 e 120% da intensidade associada ao $\dot{V}O_2$ pico e observaram um coeficiente de correlação intraclasse de 0,95 e 0,97 ($p < 0,001$), respectivamente. Em relação ao MAOD_{ALT}, não foi encontrado até o presente momento nenhum estudo que verificou a reprodutibilidade do protocolo. Por isso, a análise da reprodutibilidade do MAOD_{ALT} torna-se necessário para garantir a confiança na estimativa da CAn.

Sendo assim, são necessárias maiores investigações para verificar a validade do MAOD estimado por meio dos métodos de mensuração da contribuição do metabolismo glicolítico e de fosfagênio, principalmente comparando com o MAOD determinado de forma convencional como descrito na presente revisão de literatura, utilizando o número e duração dos estágios submáximos da maneira mais confiável possível.

3 JUSTIFICATIVA

A possibilidade de estimar o MAOD por meio da utilização de apenas um exercício supramáximo proporcionaria economia de tempo em relação ao método do MAOD determinado de modo convencional. Ainda mais, este método ainda permitiria discriminar o metabolismo glicolítico do metabolismo dos fosfagênios no mesmo teste. Essa discriminação dos metabolismos poderia auxiliar na avaliação específica de atletas, além de verificar possíveis respostas a substâncias ergogênicas direcionadas a cada metabolismo.

Assim, destaca-se a necessidade de estabelecer um modelo de mensuração da CAn simples, reprodutível e sensível às adaptações fisiológicas decorrentes do exercício sistematizado para atletas e não atletas em cicloergômetro. Devido às evidências de que o MAOD parece ser influenciado pela especificidade do ergômetro e intensidade supramáxima (MEDBO et al., 1988; NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010), para o MAOD_{ALT} ser utilizado para avaliação da CAn na rotina de treinamento é necessário investigar essas possíveis influências na determinação do MAOD_{ALT} e ainda, sua sensibilidade em avaliar indivíduos com diferentes níveis de capacidade anaeróbia (sedentários, indivíduos moderadamente ativos e treinados).

Portanto, são necessárias maiores investigações para verificar a validade do MAOD estimado por meio dos métodos de mensuração da contribuição do metabolismo glicolítico e metabolismo dos fosfagênios (MAOD_{ALT}), principalmente pela comparação com o MAOD determinado de forma robusta como descrito por Noordhof, De Koning e Foster (2010), utilizando o número e duração dos estágios submáximos da maneira mais confiável possível.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente estudo foi verificar a validade, reprodutibilidade e sensibilidade de um protocolo específico para determinação do MAOD utilizando apenas uma sessão de exercício supramáximo em cicloergômetro.

4.2 Objetivos específicos

- 1) Verificar a validade do MAOD_{ALT}, comparando-o com o MAOD_C;
- 2) Verificar a influência de diferentes intensidades de exercício supramáximo na determinação do MAOD_{ALT};
- 3) Verificar a reprodutibilidade do MAOD_{ALT};
- 4) Verificar possíveis associações entre o MAOD_{ALT} e teste de Wingate;
- 5) Verificar a sensibilidade do MAOD_{ALT} em discriminar indivíduos com diferentes níveis de aptidão anaeróbia (não treinados, moderadamente ativos e treinados em *endurance*);
- 6) Verificar a sensibilidade do MAOD_{ALT} em detectar possíveis alterações relacionadas a contribuição energética com a suplementação de cafeína;

5 METODOLOGIA

5.1 Delineamento experimental

Para responder o objetivo geral, o presente trabalho foi dividido em quatro experimentos realizados em cicloergômetro: o experimento 1 teve como objetivo a validade do MAOD_{ALT} e verificar o efeito de diferentes intensidades supramáximas em sua determinação (Estudo A). Ainda, verificar a reprodutibilidade do MAOD_{ALT} determinado a partir da intensidade supramáxima que apresentou o melhor nível de concordância com o MAOD_C (Estudo B); o experimento 2 teve como objetivo verificar possíveis associações do MAOD_{ALT} com o desempenho no teste de *Wingate*; o experimento 3 teve como objetivo verificar a sensibilidade do MAOD_{ALT} em discriminar indivíduos com diferentes níveis de treinamento; e no experimento 4 o objetivo foi verificar o efeito da ingestão aguda de cafeína sobre a determinação do MAOD_{ALT}.

Todos os experimentos foram realizados em cicloergômetro (*Excalibur Sport*, Lode, Holanda) com cadência livre entre 70 e 90 rpm, que foi definida preferencialmente em uma sessão de familiarização prévia do avaliado com o ergômetro, assim como os ajustes de selim, pedivela e distância do guidão. Os sujeitos foram instruídos a manter a cadência escolhida com uma variação de no máximo ± 5 rpm em todas as avaliações. Os procedimentos foram realizados em laboratório e foram aplicados em ambiente com temperatura e umidade controlada. Todas as sessões de teste máximo em cada experimento foram separadas por um intervalo mínimo de 48h.

5.2 Sujeitos

Para realização dos procedimentos experimentais foram selecionados: vinte e nove indivíduos no experimento 1; quinze indivíduos no experimento 2; cinquenta e cinco indivíduos no estudo 3; e catorze sujeitos indivíduos no experimento 4. Os participantes foram, em sua maioria, ciclistas que praticavam a modalidade como forma de recreação. Somente no experimento 1 (Estudo A) e no experimento 3 foram selecionados sujeitos moderadamente ativos (praticantes de diferentes atividades físicas) e treinados, respectivamente.

Em todos os experimentos os indivíduos foram instruídos a não ingerir álcool e cafeína, e a não realizar exercícios exaustivos pelo menos 24 horas antes de cada sessão de teste. Os voluntários foram informados sobre os possíveis riscos e benefícios e somente iniciaram as avaliações após um consentimento por escrito. Todos os procedimentos realizados nos quatro experimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética da Universidade Estadual Paulista (Protocolo 645.784/2014) e foram conduzidos segundo a Declaração de Helsinki.

5.3 Procedimentos experimentais

5.3.1 Análise das variáveis respiratórias, frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço

A mensuração das variáveis respiratórias em todos os experimentos foi feita por um analisador de gases estacionário Quark PFT (COSMED, Roma, Itália). A calibração do equipamento foi realizada imediatamente antes de cada procedimento conforme as recomendações do fabricante com amostra de gás conhecida (5,0% CO₂ e 16% de O₂, White Martins[®], Osasco, Brasil) e ar ambiente, enquanto que a turbina foi calibrada por meio de uma seringa de 3 L (*Hans-Rudolf*, EUA). Para análise dos valores de $\dot{V}O_2$ obtidos em cada sessão de testes, os dados foram suavizados a cada cinco pontos e interpolados a cada 1 segundo utilizando o software *OriginPro* 9.0 (OriginLab Corporation, Microcal, Massachusetts, EUA) (OZYENER et al., 2001). O $\dot{V}O_2$ de repouso foi avaliado com os indivíduos sentados por 10 minutos, considerando a média dos últimos dois minutos.

A frequência cardíaca (FC) foi mensurada por meio de um frequencímetro acoplado ao analisador de gases, enquanto que a percepção subjetiva de esforço (PSE) foi mensurada por meio da escala 6-20 de Borg (BORG, 1982).

5.3.2 Análise das concentrações sanguíneas de lactato

A análise da lactacidemia ($[La^-]$) foi feita a partir das coletas de amostra de sangue (25 microlitros) do lóbulo da orelha em um lactímetro (YSI 2300, *Yellow Spring Instruments*, Ohio, EUA). Para mensuração das concentrações de lactato pico ($[La^-]_{PICO}$) foram coletadas amostras após os 3, 5 e 7 minutos do término de cada teste máximo, enquanto que a mensuração da lactacidemia de repouso ($[La^-]_{REPOUSO}$) foi feita após os sujeitos permanecerem 10 minutos sentados antes do início da sessão de testes. As amostras de sangue coletadas foram

armazenadas em tubo tipo *ependorf* contendo 50 μL de fluoreto de sódio a 1%, armazenadas em freezer -20°C e posteriormente analisadas em lactímetro eletroquímico YSI 2300 STAT (*Yellow Spring Instruments*, Ohio, EUA) para a mensuração da $[\text{La}^-]$.

5.3.4 Análise da composição corporal por densitometria Raio-x de dupla intensidade

A avaliação da composição corporal foi mensurada antes de todos os procedimentos por meio de densitometria Raio-x de dupla intensidade (DXA) utilizando o escâner corporal *Discovery* (Hologic, Sunnyvale, EUA). Os voluntários foram escaneados com roupas leves e de acordo com recomendações padronizadas de posicionamento do corpo seguindo recomendações do fabricante. Em posição estacionária, os participantes permaneceram deitados em decúbito dorsal com as mãos posicionadas ao lado do corpo e com as palmas voltadas para baixo e as pernas permaneceram levemente em rotação interna com os pés fixados a 45° . A análise de segmentação corporal foi realizada de acordo com as recomendações pré-definidas, sendo a linha horizontal posicionada acima da bacia levemente acima da crista ilíaca, as linhas angulares que definem o triângulo pélvico foram bi seccionados no colo do fêmur, e a linha vertical posicionada entre as pernas dividindo os dois pés (HART et al., 2013). A massa magra de membros inferiores (MM-MI) foi considerada como a somatória dos valores da perna esquerda e direita, desconsiderando os valores de massa óssea (WEBER; SCHNEIDER, 2000).

5.4 Experimento 1

O objetivo do Experimento 1 foi verificar a validade do MAOD_{ALT} comparando-o com o MAOD_{C} e verificar o efeito de diferentes intensidades de esforço supramáximo sobre a sua determinação. Em seguida, a partir da análise da melhor intensidade para determinação do MAOD_{ALT} , o objetivo foi verificar a reprodutibilidade por meio de teste e reteste.

5.4.1 Teste incremental máximo

O teste incremental máximo foi elaborado para que ocorra exaustão em aproximadamente 8-12 minutos (HOWLEY; BASSETT; WELCH, 1995). Sendo assim, a intensidade inicial foi correspondente a 75-100 W e incrementos de 25 W a cada estágio de 2

minutos de exercício até a exaustão voluntária ou incapacidade de realizar o esforço na cadência pré-estabelecida (FARIA; PARKER; FARIA, 2005).

A maior média de $\dot{V}O_2$ obtida durante os últimos 30 s de cada estágio foi considerada como $\dot{V}O_{2MAX}$, caso no mínimo dois critérios descritos a seguir fossem verificados (HOWLEY; BASSETT; WELCH, 1995):

- 1) quociente respiratório (QR) $\geq 1,1$;
- 2) lactato pico $> 8,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$;
- 3) frequência cardíaca máxima ($FC_{MÁX}$) $\geq 90\%$ da FC_{MAX} predita para a idade;
- 4) variação no $\dot{V}O_2 \leq 2,1 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ nos dois últimos estágios de exercício.

Caso dois desses critérios fossem verificados, o maior valor obtido foi considerado como $\dot{V}O_{2MAX}$. Se esses critérios não fossem verificados, o indivíduo seria submetido a um novo teste. A intensidade de $\dot{V}O_{2MAX}$ ($i\dot{V}O_{2MAX}$) foi assumida como a menor intensidade na qual o $\dot{V}O_{2MAX}$ foi atingido (BILLAT; KORALSZTEIN, 1996).

5.4.2 Exercícios submáximos

Dez exercícios submáximos foram realizados em dias distintos (30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70 e 80% da $i\dot{V}O_{2MAX}$) com duração de dez minutos para a construção de uma reta de regressão linear entre intensidade de exercício e demanda energética ($\dot{V}O_2$) correspondente, que permitiu a estimativa da demanda energética teórica de $\dot{V}O_2$ para uma intensidade supramáxima e posteriormente, a determinação do MAOD pelo método convencional (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010). Os esforços em intensidade submáxima foram aplicadas de forma combinada com as intensidades de esforço supramáximo, de modo que a menor intensidade submáximo foi realizada com a maior intensidade de esforço supramáximo e assim, sucessivamente. A rotina realizada em cada sessão de testes com os esforços submáximos e supramáximos foi apresentada na Figura 2.

5.4.3 Exercícios supramáximos

Cada participante realizou, ao todo, oito exercícios exaustivos em intensidades supramáximas correspondentes a 100, 105, 110, 115, 120, 130, 140 e 150% da $i\dot{V}O_{2MAX}$, sendo que em cada sessão de exercício foi aplicado apenas um esforço supramáximo. O tempo até a exaustão (t_{lim}) foi avaliado e o $\dot{V}O_2$ foi monitorado em repouso (10 minutos sentado), durante

o teste e por pelo menos sete minutos após o término do teste ou até que os valores de $\dot{V}O_2$ atingissem os valores de repouso para análise do $EPOC_{RÁPIDO}$ (Figura 2).

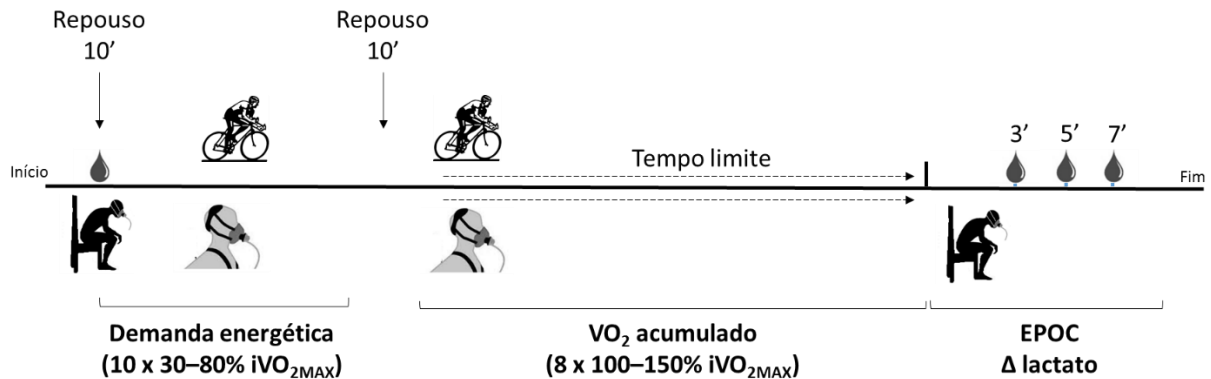


Figura 2 – Representação das sessões de esforços submáximo e supramáximo.  = coletas de sangue.

5.4.4 Determinação do máximo déficit acumulado de oxigênio ($MAOD_C$)

Inicialmente, foi construída uma reta de regressão linear entre as intensidades de exercícios submáximos e as respectivas demandas energéticas, utilizando como y-intercepto o valor das médias de $\dot{V}O_2$ de linha base individual (valores de repouso). O $\dot{V}O_2$ correspondente a cada intensidade de exercício foi assumido como a média de $\dot{V}O_2$ dos últimos 2 minutos de exercício (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010). Para estimativa da demanda energética teórica de $\dot{V}O_2$ para uma intensidade supramáxima, a reta de regressão linear foi construída cuidadosamente para diminuir possíveis efeitos relacionados ao número de exercícios submáximos e foi fixado o intercepto-y (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010).

Após a confecção da reta de regressão e da realização do esforço supramáximo a 110% da $i\dot{V}O_{2MAX}$, o $MAOD_C$ foi correspondente à diferença entre a área da demanda teórica de $\dot{V}O_2$ supramáxima (produto da demanda teórica e o tempo de exercício na intensidade) e a área total do $\dot{V}O_2$ mensurada durante o esforço (MEDBO et al., 1988; NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010). A demanda teórica de $\dot{V}O_2$ supramáxima foi determinada utilizando a equação de regressão linear, enquanto que a área total do $\dot{V}O_2$ mensurado durante o esforço foi calculado pelo método trapezoidal dos valores do $\dot{V}O_2$. Os valores de $MAOD_C$ foram reduzidos em 10%, que corresponde aos estoques corporais de oxigênio para suprimento de energia (MEDBO et al., 1988; WEBER; SCHNEIDER, 2000; 2001; BERTUZZI et al., 2010).

5.4.5 Determinação do MAOD alternativo (MAOD_{ALT})

O MAOD_{ALT} foi determinado a partir da somatória dos conteúdos de oxigênio das contribuições do sistema dos fosfagênicos (W_{PCR}) e glicolítico ($W_{[La]}$) (BERTUZZI et al., 2010a), calculados em cada sessão de exercício supramáximo.

A contribuição da W_{PCR} foi assumida como a área do EPOC_{RÁPIDO}, analisado pelo modelo bi exponencial (Eq. 1), e foi calculado pelo produto da amplitude 1 (A_1) pela constante de tempo 1 (τ_1) do $\dot{V}O_2$ (Eq. 2) (BENEKE et al., 2002; BENEKE et al., 2004; BERTUZZI et al., 2007; BERTUZZI et al., 2010a; ZAGATTO et al., 2011; ZAGATTO.; GOBATTO, 2012). A contribuição do $W_{[La]}$ foi estimada pela subtração do lactato sanguíneo obtida após o exercício pelo lactato de repouso, assumindo o valor de $1,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ de lactato ser equivalente a $3 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$ (DI PRAMPERO; FERRETTI, 1999).

$$\dot{V}O_{2(t)} = \dot{V}O_{2(\text{repouso})} + A_1 \left[e^{-\left(\frac{t}{\tau_1}\right)} \right] + A_2 \left[e^{-\left(\frac{t}{\tau_2}\right)} \right] \quad (\text{Eq. 1})$$

$$W_{PCR} = A_1 \cdot \tau_1 \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde $\dot{V}O_{2(t)}$ corresponde ao consumo de oxigênio no tempo t , $\dot{V}O_{2\text{repouso}}$ corresponde ao consumo de oxigênio de repouso, A_1 corresponde à amplitude e τ_1 corresponde a constante de tempo.

5.4.6 Reprodutibilidade do MAOD_{ALT}

Ainda no Experimento 1, a reprodutibilidade do MAOD_{ALT} foi verificada por meio de teste e reteste. Após a identificação da melhor intensidade supramáxima para determinação do MAOD_{ALT}, os sujeitos foram submetidos ao teste incremental máximo (descrito no item 5.4.1) e a dois esforços supramáximos (descritos no item 5.4.3) para determinação do MAOD_{ALT} (descrito no item 5.4.5) à intensidade que apresentou o melhor nível de concordância com o MAOD_C.

5.5 Experimento 2

No Experimento 2 o objetivo foi verificar possíveis associações entre o MAOD_{ALT} e com os parâmetros de desempenho obtidos no teste de *Wingate* (WAnT). Os sujeitos foram

submetidos a avaliação da composição corporal (descrito no item 5.3.4), ao teste incremental máximo para determinação do $\dot{V}O_{2MAX}$ e da $i\dot{V}O_{2MAX}$ (descrito no item 5.4.1), a um esforço supramáximo (descrito no item 5.4.3) para determinação do $MAOD_{ALT}$ (descrito no item 5.4.5) e ao WAnT.

5.5.1. Teste de *Wingate* (WAnT)

O WAnT correspondeu a um esforço máximo de 30 segundos com a carga constante $[(0,7 \text{ Nm}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ de massa corporal}) \times (\text{massa corporal do participante})]$, seguindo as recomendações do fabricante (*Standard Wingate test* - Wingate, Lode Manager 10.0, Lode, Holanda) (OUTLAW et al., 2014). A potência e frequência de pedalada foram mensuradas durante todo o teste e as variáveis utilizadas foram as médias de cada 5 s para mensuração da potência pico (PP), potência média (PM), índice de fadiga (IF, calculado por meio da equação: $IF = [(PP - \text{Potência mínima}) \times 100] / PP$) e trabalho total (TT).

5.6 Experimento 3

No Experimento 3, o objetivo foi verificar a sensibilidade do $MAOD_{ALT}$ em discriminar a capacidade “anaeróbia” em indivíduos com diferentes níveis de treinamento. Os sujeitos foram submetidos a avaliação da composição corporal (descrito no item 5.3.4), ao teste incremental máximo para determinação do $\dot{V}O_{2MAX}$ e da $i\dot{V}O_{2MAX}$ (descrito no item 5.4.1) e a um único esforço supramáximo (descrito no item 5.4.3) para determinação do $MAOD_{ALT}$ (descrito no item 5.4.5).

5.7 Experimento 4

No Experimento 4, o objetivo foi verificar o efeito da ingestão aguda de cafeína sobre o $MAOD_{ALT}$. Os indivíduos foram submetidos a avaliação da composição corporal (descrito no item 5.3.4), ao teste incremental máximo para determinação do $\dot{V}O_{2MAX}$ e da $i\dot{V}O_{2MAX}$ (descrito no item 5.4.1) e a dois esforços supramáximos (descrito no item 5.4.3) para

determinação do MAOD_{ALT} (descrito no item 5.4.5) com prévia suplementação de cafeína ou placebo.

5.7.1 Suplementação de cafeína

Previamente aos esforços supramáximos (1 h antes do início de cada esforço), os sujeitos ingeriram 6 mg·kg⁻¹ de cafeína (*Gemini Pharmaceutical Ingredients Industry Ltda*, Anápolis, GO, Brasil) ou placebo (dextrose, Neonutri, Minas Gerais, Brasil) de modo randomizado e duplo-cego. A cafeína e placebo foram acondicionadas em cápsulas de gel idênticas.

5.8 Análise estatística

Em todos os experimentos os dados foram apresentados em média \pm desvio padrão (DP) e intervalo de confiança de 95% (IC95%). Para verificar a normalidade dos dados foi utilizado o teste de *Shapiro-Wilk*. O software IBM® SPSS® 20 (Chicago, IL, EUA) foi utilizado para a análise estatística e em todos os casos foi assumido um nível de significância de 5%.

5.8.1 Análise estatística do Experimento 1

No estudo A, para comparação dos valores de MAOD_C e os oito valores de MAOD_{ALT} foi utilizado o teste de Análise de Variância (ANOVA) *One Way* para medidas repetidas, de modo que o teste de esfericidade *Mauchly* foi aplicado e a esfericidade assumida como violada quando observado um *F* significativo. Em caso de violação da esfericidade foi utilizada a correção *Epsilon* de *Greenhouse-Geisser*. A ANOVA foi completada com o teste de comparação de *Bonferroni*, caso necessário. Ainda, a comparação entre MAOD_C e MAOD_{ALT} foi completada com o cálculo do tamanho do efeito (η^2), análise da concordância de *Bland-Altman* (BLAND; ALTMAN, 1986), teste de correlação de *Pearson* e erro típico. No estudo B, para comparação dos valores obtidos em teste e reteste foi utilizado o teste t para amostras repetidas. O teste de correlação intraclassa (ICC_(3,1); *Two-way* mista, consistência, medidas individuais) foi utilizado para análise de reprodutibilidade e análise de *Bland-Altman* foi utilizada para verificar o nível de concordância. Ainda, o coeficiente de variação (CV) foi

calculado dividindo o desvio padrão pela média de cada participante no teste e reteste, e então, calculou-se a média para todos os sujeitos.

5.8.2 Análise estatística do Experimento 2

O teste de correlação de Pearson foi utilizado para verificar as associações entre o $MAOD_{ALT}$ e variáveis de desempenho provenientes do WAnT. As correlações foram interpretadas conforme o valor do coeficiente de correlação, que foram classificados em muito fraca (0,0 a 0,2), fraca (0,2 a 0,4), moderada (0,4 a 0,7), forte (0,7 a 0,9) e muito forte (0,9 a 1,0) (ROWNTREE, 1991).

5.8.3 Análise estatística do Experimento 3

As variáveis correspondentes ao $MAOD_{ALT}$ dos grupos não treinados, recreacionalmente treinados e treinados foram comparados pela análise de variância (ANOVA) *one-way* e *post-hoc* de *Bonferroni*.

5.8.4 Análise estatística do Experimento 4

As variáveis relacionadas ao $MAOD_{ALT}$ nas condições placebo e cafeína foram comparadas utilizando o teste *t* para amostras dependentes. A associação foi analisada pelo teste de correlação de *Pearson*.

6 RESULTADOS

Os resultados do presente estudo estão divididos em quatro experimentos e foram apresentados em forma de artigo científico.

6.1 Experimento 1

EFEITO DE DIFERENTES INTENSIDADES SUPRAMÁXIMAS E REPRODUTIBILIDADE DO MAOD DETERMINADO EM UM ÚNICO TESTE SUPRAMAXIMO EM CICLOERGÔMETRO

RESUMO

O objetivo foi verificar o efeito de diferentes intensidades supramáximas na determinação do MAOD determinado por meio de uma única sessão de esforço supramáximo ($MAOD_{ALT}$) (estudo A) e posteriormente a reprodutibilidade do $MAOD_{ALT}$ (estudo B). No estudo A, 14 sujeitos fisicamente ativos (26 ± 6 anos) foram submetidos a um teste incremental máximo para determinação do $\dot{V}O_{2MAX}$ e da menor intensidade onde o $\dot{V}O_{2MAX}$ é atingido ($i\dot{V}O_{2MAX}$), a dez exercícios em intensidades submáximas variando entre 30 a 80% da $i\dot{V}O_{2MAX}$ e a oito exercícios em intensidades supramáximas variando entre 100 a 150% da $i\dot{V}O_{2MAX}$ para determinação do MAOD convencional a 110% da $i\dot{V}O_{2MAX}$ ($MAOD_C$) e oito $MAOD_{ALT}$ correspondente para cada intensidade de exercício supramáxima. No estudo B, onze ciclistas amadores do sexo masculino (28 ± 4 anos) foram submetidos também a um teste incremental máximo e a dois esforços supramáximos na intensidade que apresentou o melhor nível de concordância com o $MAOD_C$ no estudo A. Como resultados, verificou-se que o $MAOD_{ALT}$ é dependente da intensidade de exercício supramáximo, mas esse efeito não é verificado nas intensidades correspondentes 100, 115 e 140% da $i\dot{V}O_{2MAX}$ ($p > 0,05$). Ainda, o $MAOD_{ALT}$ determinado a 115% da $i\dot{V}O_{2MAX}$ apresentou os melhores níveis de concordância com o $MAOD_C$. No estudo B, o $MAOD_{ALT}$ não mostrou diferença significativa na condição teste e reteste ($p < 0,05$), apresentou alta reprodutibilidade quando expressos em valores absolutos ($ICC = 0,96$; $p < 0,01$) e um bom nível de concordância em análise gráfica de *Bland-Altman* (média das diferenças \pm $IC_{95\%} = -0,16 \pm 0,53$ L). Assim, pode-se concluir que o $MAOD_{ALT}$ estimado a 115% da $i\dot{V}O_{2MAX}$ é relacionado com o MAOD convencional e apresenta alta

reprodutibilidade, podendo ser utilizado na avaliação da capacidade anaeróbia em cicloergômetro.

INTRODUÇÃO

O máximo déficit acumulado de oxigênio ($MAOD_C$) é considerado o método mais aceito para avaliação da capacidade máxima de ressíntese de adenosina trifosfato por meio do metabolismo “anaeróbio” (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010), assumida como capacidade “anaeróbia”. No entanto, apesar da aceitação científica do MAOD na avaliação da capacidade “anaeróbia” (MEDBO et al., 1988; WEBER; SCHNEIDER, 2001; NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010), a aplicação prática desse método muitas vezes se torna inviável devido ao grande dispêndio de tempo necessário para sua aplicação.

Betuzzi et al. (2010) propuseram um método alternativo para determinação da capacidade “anaeróbia” por meio de uma única sessão de exercício supramáximo em cicloergômetro ($MAOD_{ALT}$), estimando o MAOD por meio da somatória dos equivalentes de oxigênio provenientes dos metabolismos glicolítico e de fosfagênio. Esse método se baseia nas teorias de que a contribuição do metabolismo glicolítico pode ser estimada por um equivalente de oxigênio determinado pelo delta de lactato durante o exercício (valor pico menos valor de repouso) (DI PRAMPERO; FERRETTI, 1999), enquanto que a contribuição do metabolismo de fosfagênio poderia ser estimada pela análise do componente rápido do consumo excessivo de oxigênio após o exercício ($EPOC_{RÁPIDO}$) (MARGARIA; EDWARDS; DILL, 1933).

Bertuzzi et al. (2010a) descreveram que o $MAOD_{ALT}$ determinado a 110% potência pico obtida em teste incremental no cicloergômetro não apresentou diferença do MAOD convencional, além de serem estatisticamente correlacionados ($r=0,78$; $p=0,014$). No entanto, a determinação do MAOD convencional foi realizada utilizando somente seis esforços submáximos para construção regressão linear $\dot{V}O_2$ e intensidade, o que pode levar a erros na determinação do MAOD. De modo similar, Zagatto e Gobatto (2012) utilizando um teste específico para o tênis de mesa, também não verificaram diferenças entre a soma dos equivalentes de oxigênio provenientes dos sistemas glicolítico e de fosfagênio (i.e., $MAOD_{ALT}$) com o MAOD convencional, mas também utilizando um número reduzido de esforços submáximos (quatro diferentes intensidades) para construção da regressão linear. Esses achados sinalizam para um potencial uso do $MAOD_{ALT}$ na mensuração da capacidade “anaeróbia”; no

entanto, atualmente é recomendada a utilização de ao menos dez esforços submáximos para a mensuração robusta do MAOD (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010).

Outro ponto importante é que um dos principais argumentos teóricos que fortalecem a validade do MAOD como um método de avaliação da capacidade “anaeróbia” é que são observados valores constantes de MAOD quando são determinados em esforços supramáximos com duração de pelo menos 2 minutos (MEDBO et al., 1988). Em esforços onde o tempo até a exaustão é muito curto, o valor de MAOD pode ser subestimado devido a uma fadiga periférica sem exaurir todos os substratos para produção de energia pelas vias glicolítica e de fosfogênio, sendo sugerido um tempo até exaustão ideal para exaurir toda a capacidade máxima entre 2 e 3 minutos (MEDBO et al., 1988). No entanto, tem sido demonstrado que esforços supramáximos *all-out* com duração de ~60 s podem ser utilizados para determinação do MAOD (CRAIG et al., 1995), destacando a importância de se investigar a duração do esforço supramáximo na estimativa da capacidade “anaeróbia”. Assim, torna-se importante verificar qual o efeito da utilização de diferentes intensidades supramáximas (i.e., duração do esforço) na determinação do MAOD_{ALT} na estimativa da capacidade “anaeróbia”. Ainda, apesar dos achados de Bertuzzi et al. (2010a) indicar que o MAOD_{ALT} é similar o MAOD convencional, ainda não existe relato sobre a reprodutibilidade desse método, que é um fator importante para a validade científica.

Portanto, o objetivo principal do estudo foi verificar a validade e reprodutibilidade do MAOD_{ALT} em estimar a capacidade “anaeróbia” em cicloergômetro. Para isso, foram investigados: i) a influência da intensidade supramáxima na determinação da MAOD_{ALT}; ii) se o MAOD_{ALT} é estatisticamente similar e relacionado ao MAOD convencional determinado de maneira “robusta” (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010) e; iii) a reprodutibilidade do MAOD_{ALT}. Para isso, o presente trabalho foi dividido em dois estudos, onde o estudo A comparou o MAOD_{ALT} com o método convencional (MAOD_C) e verificou o efeito da utilização de diferentes intensidades supramáximas na determinação do MAOD_{ALT}; enquanto que o estudo B verificou a reprodutibilidade do MAOD_{ALT} em teste e reteste.

MATERIAL E MÉTODOS

Sujeitos

No estudo A participaram de modo voluntário dezoito indivíduos do sexo masculino, moderadamente ativos e saudáveis. Os participantes eram praticantes de diferentes atividades físicas como exercícios resistidos, corrida de rua, ciclismo, futsal, futebol, *jiu-jitsu*, natação e não faziam parte de nenhum tipo de treinamento sistematizado que os caracterizassem como

indivíduos treinados. Durante os procedimentos experimentais, foram excluídos os participantes que cometeram repetidas ausências nos procedimentos previamente agendados (3 participantes) e também por apresentarem lesões (1 participante). Sendo assim, os resultados apresentados foram de um total de catorze sujeitos.

No estudo B, onze ciclistas recreacionais praticantes de *mountain biking* do sexo masculino participaram voluntariamente do estudo. Os ciclistas relataram experiência de pelo menos seis meses com um volume semanal de $121,5 \pm 48,5$ km por semana e praticavam a modalidade em uma frequência média de aproximadamente 3 vezes por semana.

As características dos sujeitos do estudo A e do estudo B estão apresentadas na Tabela 1.1.

Todos os indivíduos foram instruídos a não ingerir álcool e cafeína, e a não realizar exercícios exaustivos pelo menos 24 horas antes de cada sessão. As sessões de testes eram agendadas sempre no mesmo período do dia. Os sujeitos foram informados sobre os riscos e benefícios dos procedimentos e somente iniciaram as avaliações após consentimento por escrito. Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética da Universidade Estadual Paulista (Protocolo 645.784/2014) e foram conduzidos segundo a Declaração de Helsinki.

Tabela 1.1 – Característica dos sujeitos do Experimento 1.

	Idade (anos)	Estatura (cm)	MC (kg)	MM (kg)	Gordura (%)	MM-MI (kg)
Estudo A (n= 14)	26 ± 6	$172,4 \pm 5,4$	$73,8 \pm 10,8$	$55,4 \pm 6,4$	$19,4 \pm 4,5$	$19,1 \pm 2,4$
Estudo B (n= 11)	28 ± 4	$177,0 \pm 5,8$	$85,2 \pm 16,1$	$63,2 \pm 11,0$	$20,5 \pm 4,8$	$22,5 \pm 4,4$

Valores em média \pm DP. MC= Massa corporal. MM= massa magra. MM-MI= massa magra de membros inferiores. $\dot{V}O_{2MAX}$ = consumo máximo de oxigênio.

Desenho experimental

No estudo A, os participantes foram submetidos inicialmente à avaliação da composição corporal e a um teste incremental máximo para determinação do consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2MAX}$) e da intensidade associada ao $\dot{V}O_{2MAX}$ ($i\dot{V}O_{2MAX}$). Em seguida, os sujeitos realizaram dez exercícios em intensidades submáximas (30 a 80% da $i\dot{V}O_{2MAX}$) e oito exercícios em intensidades supramáximas (100 a 150% da $i\dot{V}O_{2MAX}$), onde cada sessão foi composta por um esforço contínuo em intensidade submáxima, que foi utilizado sempre como aquecimento, e um esforço supramáximo realizado até a exaustão. Assim, foram determinados oito valores de $MAOD_{ALT}$ correspondentes a cada intensidade de esforço supramáximo.

No estudo B, os sujeitos foram submetidos a um teste incremental para determinação do $\dot{V}O_{2MAX}$ e da $i\dot{V}O_{2MAX}$ e a dois esforços supramáximos na intensidade que apresentou o melhor nível de concordância com o $MAOD_C$ verificado no estudo A.

O estudo A foi realizado em período máximo de três semanas, enquanto o estudo B em um limite máximo de 2 semanas, respeitando um intervalo mínimo de 48 horas entre cada sessão de teste.

Devido à exigência do estudo onde o indivíduo foi submetido a diversos esforços de alta intensidade, previamente ao início de cada sessão de exercício exaustivo foi aplicado um questionário POMS (*“Profile of Mood State”*) para avaliar o estado de humor e detectar possíveis alterações relacionadas ao excesso de atividade física intensa (PELUSO, 2003; DEGOUTTE et al., 2006). Os sujeitos foram instruídos a preencher o questionário de modo a representar como vinham se sentindo durante a semana, incluindo o estado de humor daquele dia. Quando o perfil de “iceberg” (maiores valores para vigor e baixos valores para tensão, depressão, raiva, fadiga e confusão) era observado, apenas os esforços submáximos eram realizados e o esforço supramáximo era reagendado, a fim de garantir o melhor desempenho nos esforços realizados até a exaustão.

Todos os procedimentos foram realizados em cicloergômetro eletromagnético (*Lode-Excalibur Sport*, Lode BV, Groningen, Holanda) com a cadência livre a escolha do avaliado entre 70 a 90 rpm, que foi definida em uma familiarização prévia do avaliado com o ergômetro, assim como ajustes do selim, pedivela e distância do guidão. Os indivíduos foram instruídos a manter a cadência escolhida com uma variação de no máximo ± 5 rpm em todas as avaliações. Os procedimentos em cada estudo foram aplicados em ambiente com temperatura e umidade controlada (20 ± 1 °C e 61 ± 8 %, respectivamente).

Mensurações Fisiológicas

Em todos os procedimentos o consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$), a frequência cardíaca (FC) e percepção subjetiva de esforço (PSE) foram avaliadas como descrito no item 5.3.1, enquanto que a análise da lactacidemia foi realizada conforme descrito no item 5.3.2.

Procedimentos do Estudo A: Efeito da intensidade supramáxima sobre o $MAOD_{ALT}$

Análise da composição corporal por densitometria Raio-X de dupla intensidade

A avaliação da composição corporal foi mensurada antes de todos os procedimentos por meio de densitometria Raio-x de dupla intensidade (DXA) utilizando o escâner corporal Discovery (Hologic, Sunnyvale, EUA) conforme descrito no item 5.3.4.

Teste incremental máximo

O teste incremental máximo permitiu a determinação do consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2MAX}$) e da intensidade associada $\dot{V}O_{2MAX}$ ($i\dot{V}O_{2MAX}$), conforme descrito no item 5.4.1.

Exercícios submáximos e supramáximos

Os esforços submáximos e supramáximos foram conduzidos conforme descrito no item 5.4.2 e 5.4.3, respectivamente.

Determinação do MAOD_C

A determinação do MAOD_C foi realizada conforme descrito no item 5.4.4.

Determinação do MAOD alternativo (MAOD_{ALT})

O MAOD_{ALT} foi determinado a partir da somatória dos conteúdos de oxigênio das contribuições do sistema dos fosfagênios (W_{PCR}) e glicolítico ($W_{[La]}$) (BERTUZZI et al., 2010a), calculados em cada sessão de exercício supramáximo nas intensidades de 100 (MAOD_{ALT100}), 105 (MAOD_{ALT105}), 110 (MAOD_{ALT110}), 115 (MAOD_{ALT115}), 120 (MAOD_{ALT120}), 130 (MAOD_{ALT130}), 140 (MAOD_{ALT140}) e 150% (MAOD_{ALT150}) da $i\dot{V}O_{2MAX}$. Os valores de MAOD_{ALT} foram apresentados em valores absolutos, relativos a massa corporal, massa magra (MM) e massa magra de membros inferiores (MM-MI).

A contribuição da W_{PCR} e da $W_{[La]}$ foi realizada conforme descrito no item 5.4.5.

Estudo B: Reprodutibilidade do MAOD_{ALT}

No Estudo B, os indivíduos foram submetidos à avaliação da composição corporal por meio do DXA, ao teste incremental máximo para determinação do $\dot{V}O_{2MAX}$ e a $i\dot{V}O_{2MAX}$ e a dois esforços supramáximos na intensidade que apresentou o melhor nível de concordância com o MAOD_C no estudo A.

Todos os procedimentos foram realizados seguindo os mesmos protocolos descritos no estudo A. No entanto, a intensidade inicial no teste incremental foi de 100-150 W com

incrementos de 25 W a cada estágio de 2 minutos e o aquecimento nos dois esforços supramáximos foi padronizado a 100 W com duração de cinco minutos.

Análise estatística

A análise dos dados foi realizada conforme descrito no item 5.8.1.

RESULTADOS

Estudo A

Todos os sujeitos atingiram ao menos dois critérios para assumir a determinação do $\dot{V}O_{2MAX}$ (HOWLEY; BASSETT; WELCH, 1995), não sendo necessário repetir o teste incremental (Tabela 1.2).

Tabela 1.2 – Valores das respostas fisiológicas no momento de exaustão do teste incremental no estudo A (n=14).

Variável	Média ± DP (IC95%)
$\dot{V}O_{2MAX}$ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	43,4 ± 4,9 (40,5 – 46,2)
QR	1,20 ± 0,06 (1,17 – 1,23)
FC _{MAX} (bpm)	183 ± 6 (180 – 187)
PSE	18 ± 1 (17 – 19)
[La ⁻] _{PICO} (mmol·L ⁻¹)	11,1 ± 1,4 (10,3 – 11,9)
Tempo total de esforço no teste (min)	12,2 ± 2,5 (10,8 – 13,6)

$\dot{V}O_{2MAX}$ = consumo máximo de oxigênio. QR= quociente respiratório. FC_{MAX}= frequência cardíaca máxima. PSE= percepção subjetiva de esforço. [La⁻]_{PICO}= concentração de lactato pico.

As variáveis correspondentes aos esforços supramáximos estão apresentadas na Tabela 1.3. Não foram encontradas diferenças significativas nos parâmetros que envolvem a determinação dos metabolismos glicolítico (concentração de lactato e $W_{[La]}$) e de fosfagênio (τ_1 , amplitude e W_{PCR}), sendo encontradas significâncias apenas para as intensidades de exercício e t_{lim} .

A Figura 3.1 apresenta os valores de MAOD_C e os MAOD_{ALT} apresentados de modo absoluto e relativo. Foram encontradas diferenças significativas entre MAOD_C e os MAOD_{ALT} apenas para as intensidades de 130 e 150% da $i\dot{V}O_{2MAX}$, tanto em valor absoluto quanto relativos (p<0,048). Além disso, todos os valores de MAOD_{ALT} apresentaram significativas correlações com o MAOD_C quando expressados em valores absolutos (r= 0,54 a 0,68; p<0,05), de modo que o MAOD_{ALT115} foi o que apresentou o maior valor de correlação (r=0,68; p<0,01)

(Tabela 1.4). Quando os valores de $MAOD_{ALT}$ e $MAOD_C$ foram expressos relativos à massa magra de membros inferiores, somente foram observadas correlações significativas entre $MAOD_{ALT100}$, $MAOD_{ALT115}$ e $MAOD_{ALT140}$ ($r = 0,56$ a $0,62$; $p < 0,05$), mas não foram observadas correlações significativas entre os valores de $MAOD_{ALT}$ e $MAOD_C$ quando normalizados pela massa corporal e massa magra total (Tabela 1.4). Ainda, pode-se assumir que os $MAOD_{ALT}$ a 100, 115 e 140% da $i\dot{V}O_{2MAX}$ apresentaram boa concordância com o $MAOD_C$ (Tabela 1.4). No entanto, a intensidade de 115% da $i\dot{V}O_{2MAX}$ foi a intensidade que apresentou a melhor confiança na estimativa do $MAOD_C$ e foi utilizada para determinar o $MAOD_{ALT}$ no estudo B (Tabela 1.4).

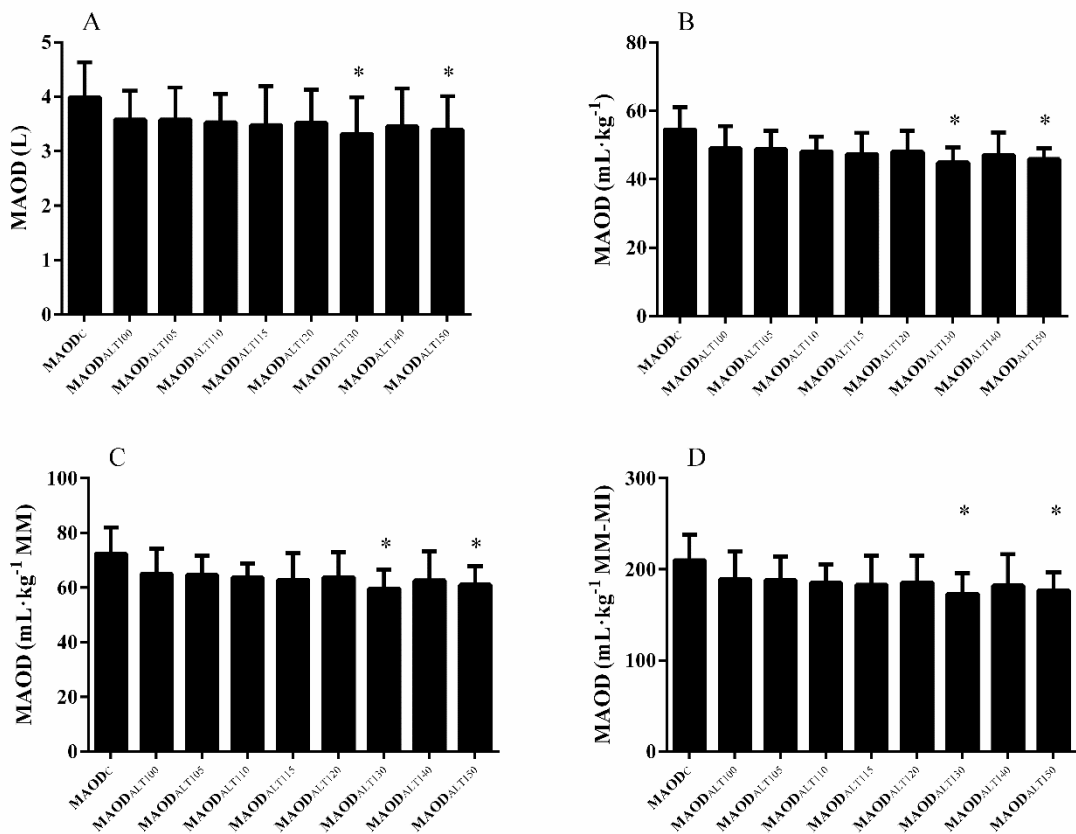


Figura 3.1 – Comparação dos valores correspondentes ao máximo déficit acumulado de oxigênio determinado pelo método convencional ($MAOD_C$) e por meio de uma única sessão de exercício supramáximo nas intensidades de 100, 105, 110, 115, 120, 130, 140 e 150% da intensidade associada ao consumo máximo de oxigênio ($MAOD_{ALT100}$, $MAOD_{ALT105}$, $MAOD_{ALT110}$, $MAOD_{ALT115}$, $MAOD_{ALT120}$, $MAOD_{ALT130}$, $MAOD_{ALT140}$, $MAOD_{ALT150}$). Os valores estão apresentados em valores absolutos (A), relativos à massa corporal (B), relativo à massa magra (MM) (C) e relativo à massa magra de membros inferiores (MM-MI) (D).

* $p < 0,05$ para o $MAOD_C$.

Tabela 1.3 – Intensidade, tempo até exaustão (t_{lim}), equivalente energético do metabolismo glicolítico ($W_{[La]}$), lactato de repouso ($[La^-]_{REPOUSO}$), lactato pico ($[La^-]_{PICO}$), diferença entre o $[La^-]_{REPOUSO}$ e $[La^-]_{PICO}$ ($\Delta[La^-]$), equivalentes energéticos do metabolismo de fosfagênio (W_{PCR}), amplitude (A_1) e constante tempo (τ_1) do ajuste bi exponencial dos esforços supramáximos correspondentes a 100, 105, 110, 115, 120, 130, 140 e 150 % da intensidade associada ao consumo máximo de oxigênio.

	100% $i\dot{V}O_{2MAX}$	105% $i\dot{V}O_{2MAX}$	110% $i\dot{V}O_{2MAX}$	115% $i\dot{V}O_{2MAX}$	120% $i\dot{V}O_{2MAX}$	130% $i\dot{V}O_{2MAX}$	140% $i\dot{V}O_{2MAX}$	150% $i\dot{V}O_{2MAX}$	$F_{(7,91)}$	p-valor
Intensidade (W)	225,6 ± 34,1 (206,0 – 245,3)	237,1 ± 35,8 ^a (216,4 – 257,8)	248,5 ± 37,4 ^{ab} (226,9 – 270,1)	259,6 ± 39,3 ^{abc} (236,9 – 282,2)	270,8 ± 40,9 ^{abcd} (247,2 – 294,4)	293,6 ± 44,2 ^{abcde} (268,1 – 319,2)	315,9 ± 47,7 ^{abcdef} (288,4 – 343,5)	338,8 ± 51,0 ^{abcdefg} (309,3 – 368,2)	620,62	0,000
t_{lim} (min)	5,22 ± 0,99 (4,65 – 5,79)	4,24 ± 0,26 ^a (3,81 – 4,68)	3,66 ± 0,46 ^a (3,39 – 3,92)	3,15 ± 0,66 ^{ab} (2,77 – 3,53)	2,74 ± 0,56 ^{abc} (2,42 – 3,07)	2,09 ± 0,28 ^{abcde} (1,93 – 2,25)	1,83 ± 0,26 ^{abcde} (1,68 – 1,98)	1,59 ± 0,22 ^{abcdefg} (1,46 – 1,72)	109,60	0,000
$W_{[La]}$ (L)	2,30 ± 0,47 (2,03 – 2,57)	2,32 ± 0,52 (2,02 – 2,62)	2,28 ± 0,35 (2,08 – 2,48)	2,22 ± 0,54 (1,91 – 2,53)	2,31 ± 0,46 (2,05 – 2,48)	2,11 ± 0,52 (1,80 – 2,41)	2,21 ± 0,50 (1,92 – 2,50)	2,20 ± 0,46 (1,94 – 2,46)	0,92	0,493
$[La^-]_{REPOUSO}$ (mmol·L⁻¹)	1,17 ± 0,30 (1,00 – 1,35)	1,36 ± 0,41 (1,12 – 1,60)	1,13 ± 0,32 (0,94 – 1,31)	1,25 ± 0,28 (1,09 – 1,41)	1,15 ± 0,27 (1,00 – 1,31)	1,21 ± 0,32 (1,02 – 1,39)	1,26 ± 0,36 (1,06 – 1,47)	1,13 ± 0,17 (1,04 – 1,23)	0,98	0,452
$[La^-]_{PICO}$ (mmol·L⁻¹)	11,71 ± 2,15 (10,47 – 12,95)	11,89 ± 1,72 (10,90 – 12,88)	11,51 ± 1,28 (10,78 – 12,25)	11,33 ± 1,83 (10,27 – 12,39)	11,71 ± 1,78 (10,69 – 12,74)	10,69 ± 1,65 (9,73 – 11,64)	11,30 ± 1,91 (10,19 – 12,40)	11,08 ± 1,28 (10,34 – 11,82)	1,21	0,308
$\Delta[La^-]$ (mmol·L⁻¹)	10,54 ± 2,08 (9,33 – 11,74)	10,53 ± 1,75 (9,52 – 11,54)	10,39 ± 1,18 (9,71 – 11,07)	10,08 ± 1,93 (8,97 – 11,19)	10,56 ± 1,92 (9,45 – 11,67)	9,48 ± 1,63 (8,54 – 10,42)	10,03 ± 1,87 (8,95 – 11,11)	9,94 ± 1,27 (9,21 – 10,68)	1,21	0,306
W_{PCR} (L)	1,28 ± 0,20 (1,16 – 1,39)	1,26 ± 0,22 (1,13 – 1,39)	1,24 ± 0,28 (1,08 – 1,41)	1,26 ± 0,29 (1,09 – 1,43)	1,21 ± 0,27 (1,05 – 1,36)	1,21 ± 0,27 (1,06 – 1,37)	1,25 ± 0,28 (1,09 – 1,41)	1,19 ± 0,29 (1,02 – 1,36)	1,06	0,393
A_1 (mL·kg⁻¹·min⁻¹)	19,3 ± 3,0 (17,5 – 21,0)	19,3 ± 2,7 (17,7 – 20,8)	18,0 ± 4,1 (15,6 – 20,4)	18,6 ± 3,5 (16,6 – 20,6)	18,3 ± 2,3 (16,9 – 19,6)	17,7 ± 2,4 (16,4 – 19,1)	17,9 ± 2,6 (16,4 – 19,4)	17,4 ± 2,0 (16,3 – 18,6)	1,52	0,225
τ_1 (min)	0,92 ± 0,11 (0,85 – 0,98)	0,90 ± 0,16 (0,81 – 0,99)	1,01 ± 0,42 (0,77 – 1,26)	0,94 ± 0,19 (0,83 – 1,05)	0,90 ± 0,09 (0,85 – 0,95)	0,93 ± 0,10 (0,87 – 0,99)	0,95 ± 0,12 (0,88 – 1,02)	0,93 ± 0,13 (0,85 – 1,00)	0,53	0,811

Valores em média ± DP (IC95%). ^ap<0,05 para 100% $i\dot{V}O_{2MAX}$. ^bp<0,05 para 105% $i\dot{V}O_{2MAX}$. ^cp<0,05 para 110% $i\dot{V}O_{2MAX}$. ^dp<0,05 para 115% $i\dot{V}O_{2MAX}$. ^ep<0,05 para 120% $i\dot{V}O_{2MAX}$. ^fp<0,05 para 130% $i\dot{V}O_{2MAX}$. ^gp<0,05 para 140% $i\dot{V}O_{2MAX}$.

Tabela 1.4 – Análise de associação e concordância entre o MAOD_C e o MAOD_{ALT} determinado em diferentes intensidades supramáximas.

		MAOD _{ALT100}	MAOD _{ALT105}	MAOD _{ALT110}	MAOD _{ALT115}	MAOD _{ALT120}	MAOD _{ALT130}	MAOD _{ALT140}	MAOD _{ALT150}
MAOD _C (L)	Coefficiente de correlação	0,54*	0,57*	0,66**	0,68**	0,62*	0,55*	0,65*	0,61*
	(IC95%)	(0,01 – 0,83)	(0,06 – 0,85)	(0,20 – 0,88)	(0,24 – 0,89)	(0,14 – 0,87)	(0,03 – 0,84)	(0,18 – 0,88)	(0,12 – 0,86)
	Tamanho do efeito	0,71	0,67	0,80	0,75	0,75	1,03	0,80	0,96
	Média da diferença (±IC95%)	-0,42 (0,33)	-0,42 (0,33)	-0,47 (0,28)	-0,52 (0,31)	-0,47 (0,32)	-0,68 (0,36)	-0,53 (0,32)	-0,61 (0,32)
	Erro típico	0,41	0,40	0,35	0,39	0,39	0,44	0,40	0,39
MAOD _C (mL·kg ⁻¹)	Coefficiente de correlação	0,44	0,23	0,15	0,27	0,26	-0,20	0,26	-0,08
	(IC95%)	(-0,12 – 0,79)	(-0,34 – 0,68)	(-0,41 – 0,63)	(-0,30 – 0,70)	(-0,31 – 0,70)	(-0,66 – 0,37)	(-0,32 – 0,69)	(-0,58 – 0,47)
	Tamanho do efeito	0,85	0,97	1,18	1,13	1,03	1,78	1,14	1,78
	Média da diferença (±IC95%)	-5,53 (3,99)	-5,76 (4,30)	-6,47 (4,22)	-7,26 (4,46)	-6,54 (4,44)	-9,69 (4,94)	-7,51 (4,63)	-8,69 (4,33)
	Erro típico	4,89	5,27	5,17	5,46	5,44	6,05	5,67	5,30
MAOD _C (mL·kg ⁻¹ massa magra)	Coefficiente de correlação	0,51	0,31	0,30	0,45	0,43	0,07	0,48	0,33
	(IC95%)	(-0,02 – 0,82)	(-0,26 – 0,72)	(-0,28 – 0,72)	(-0,10 – 0,79)	(-0,13 – 0,78)	(-0,48 – 0,58)	(-0,07 – 0,80)	(-0,25 – 0,73)
	Tamanho do efeito	0,78	0,93	1,17	0,98	0,92	1,53	0,96	1,37
	Média da diferença (±IC95%)	-7,39 (5,41)	-7,77 (7,08)	-8,72 (5,51)	-9,54 (5,87)	-8,65 (5,85)	-12,82 (6,68)	-9,78 (6,06)	-11,39 (5,71)
	Erro típico	6,63	7,08	6,75	7,19	7,16	8,18	7,42	7,00
MAOD _C (mL·kg ⁻¹ MM-MI)	Coefficiente de correlação	0,62*	0,46	0,42	0,55*	0,51	0,18	0,58*	0,34
	(IC95%)	(0,13 – 0,87)	(-0,10 – 0,80)	(-0,14 – 0,78)	(0,04 – 0,84)	(-0,03 – 0,82)	(-0,39 – 0,65)	(0,08 – 0,85)	(-0,23 – 0,74)
	Tamanho do efeito	0,71	0,81	1,03	0,90	0,85	1,45	0,89	1,36
	Média da diferença (±IC95%)	-20,87 (14,78)	-21,89 (16,30)	-24,90 (15,54)	-27,09 (16,52)	-24,67 (16,56)	-36,95 (19,05)	-27,87 (16,84)	-33,00 (16,56)
	Erro típico	18,10	19,97	19,03	20,23	20,28	23,33	20,63	20,27

*p<0,05. **p<0,01. MM-MI= massa magra de membros inferiores.

Estudo B

Todos os indivíduos atingiram os critérios para confirmação do $\dot{V}O_{2MAX}$ e não foi necessário realizar um novo teste incremental (Tabela 1.5). A $i\dot{V}O_{2MAX}$ foi de $280,1 \pm 40,5$ W (IC95%= 252,9 – 307,3 W). A tabela 1.6 apresenta os valores de $MAOD_{ALT}$ determinados em teste e reteste. Não foram observadas diferenças significativas nos valores de $MAOD_{ALT}$ expressos em valores absolutos e relativos ($p > 0,05$) (Tabela 1.6). Ainda, foram observadas correlações significativas e um bom nível de concordância entre os valores de $MAOD_{ALT}$ evidenciado pela média das diferenças próximo de zero e os menores valores de limite inferior e superior (Figura 3.2). A $W_{[La]}$ e W_{PCR} também não apresentaram diferenças significativas e apresentaram significativas correlações (Tabela 1.6).

Tabela 1.5 – Valores das respostas fisiológicas no momento de exaustão no teste incremental do estudo B (n=11).

Variável	Média \pm DP (IC95%)
$\dot{V}O_{2MAX}$ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	45,5 \pm 7,4 (40,5 – 50,5)
QR	1,21 \pm 0,05 (1,17 – 1,25)
FC _{MAX} (bpm)	188 \pm 9 (181 – 194)
PSE	18 \pm 2 (17 – 20)
[La ⁻] _{PICO} (mmol·L ⁻¹)	10,0 \pm 2,1 (8,5 – 11,5)
Tempo total de esforço no teste (min)	12,8 \pm 3,6 (10,4 – 15,3)

$\dot{V}O_{2MAX}$ = consumo máximo de oxigênio. QR= quociente respiratório. FC_{MAX}= frequência cardíaca máxima. PSE= percepção subjetiva de esforço. [La⁻]_{PICO}= concentração de lactato pico.

Tabela 1.6 – Tempo até a exaustão (t_{lim}), máximo déficit acumulado de oxigênio ($MAOD_{ALT}$), equivalentes energéticos dos metabolismos glicolítico ($W_{[La]}$) e de fosfagênio (W_{PCR}) determinados em teste e reteste (n=11)

	Teste	Reteste	ES	CV	p-valor	ICC (IC95%)
t_{lim} (s)	182,1 ± 16,2 (171,2 – 193,0)	180,7 ± 25,2 (163,8 – 197,7)	-0,06	4,5%	0,708	0,81 [¥] (0,43 – 0,94)
$MAOD_{ALT}$ (L)	4,42 ± 0,92 (3,80 – 5,03)	4,58 ± 0,96 (3,94 – 5,23)	0,17	4,1%	0,075	0,96 [¥] (0,85 – 0,99)
$MAOD_{ALT}$ (mL·kg ⁻¹)	52,2 ± 7,5 (47,1 – 57,2)	54,1 ± 8,2 (48,5 – 59,6)	0,24	4,1%	0,082	0,92 [¥] (0,72 – 0,98)
$MAOD_{ALT}$ (mL·kg ⁻¹ MM)	70,0 ± 8,7 (64,1 – 75,8)	72,5 ± 9,5 (66,1 – 78,8)	0,27	4,1%	0,086	0,89 [¥] (0,63 – 0,97)
$MAOD_{ALT}$ (mL·kg ⁻¹ MM-MI)	197,1 ± 23,2 (181,5 – 212,7)	204,2 ± 26,2 (186,7 – 221,8)	0,55	4,1%	0,085	0,87 [#] (0,60 – 0,96)
$W_{[La]}$ (L)	2,76 ± 0,56 (2,39 – 3,14)	2,77 ± 0,63 (2,35 – 3,19)	0,01	4,9%	0,896	0,92 [¥] (0,75 – 0,98)
$[La^-]_{REPOUSO}$ (mmol·L ⁻¹)	1,1 ± 0,2 (0,9 – 1,2)	1,0 ± 0,3 (0,9 – 1,2)	-0,40	18,5%	0,666	0,16 (-0,46 – 0,67)
$[La^-]_{PICO}$ (mmol·L ⁻¹)	12,0 ± 1,7 (10,9 – 13,2)	12,0 ± 2,0 (10,6 – 13,4)	0,00	4,6%	0,882	0,89 [¥] (0,64 – 0,97)
$\Delta[La^-]$ (mmol·L ⁻¹)	10,9 ± 1,7 (9,8 – 12,1)	11,0 ± 1,9 (9,7 – 12,2)	0,05	5,3%	0,973	0,88 [¥] (0,62 – 0,97)
W_{PCR} (L)	1,64 ± 0,44 (1,34 – 1,93)	1,79 ± 0,51 (1,45 – 2,14)	0,31	12,1%	0,210	0,68 [¥] (0,17 – 0,90)
A_1 (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	19,4 ± 3,0 (17,3 – 21,4)	19,6 ± 3,6 (17,2 – 22,2)	0,66	5,9%	0,794	0,71 [¥] (0,24 – 0,91)
Constante tempo 1 (min)	1,00 ± 0,21 (0,87 – 1,14)	1,09 ± 0,20 (0,95 – 1,22)	0,43	14,2%	0,309	0,21 (-0,41 – 0,70)

Valores em média ± DP. *p<0,05 em relação ao teste. #p<0,05. ¥p<0,01. $[La^-]_{REPOUSO}$ = concentração de lactato de repouso. $[La^-]_{PICO}$ = concentração pico de lactato. ES = tamanho do efeito; ICC = coeficiente de correlação intraclasse.

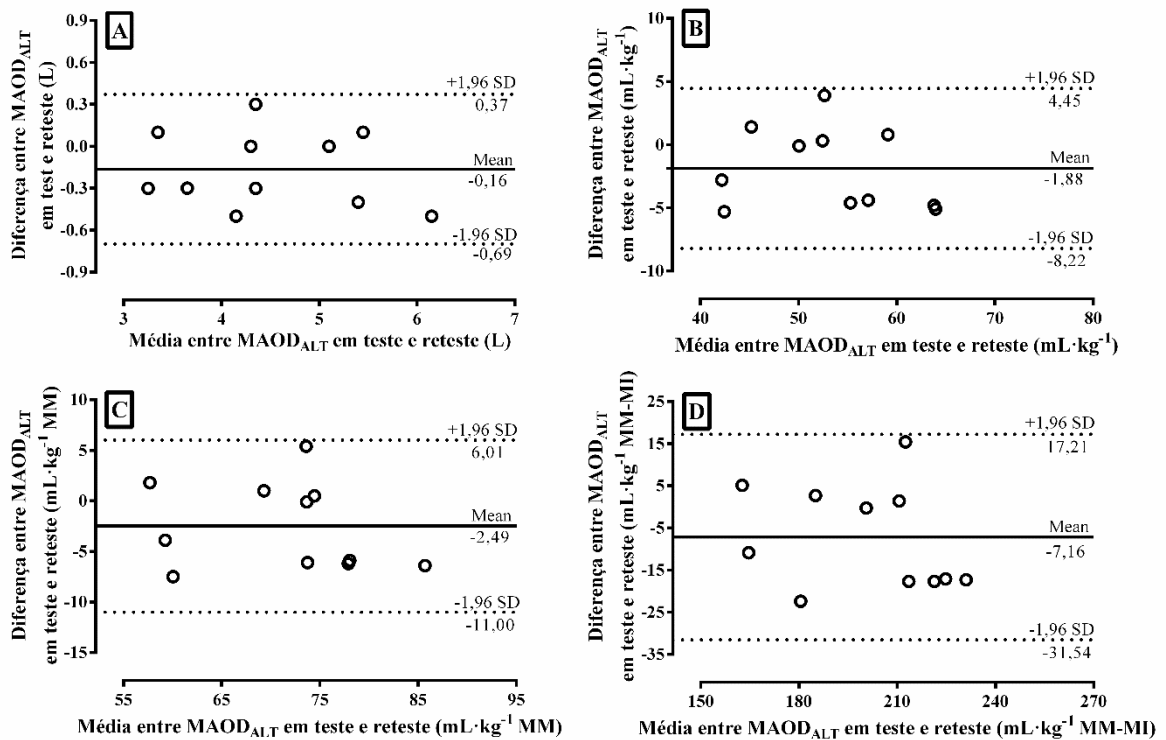


Figura 3.2 – Análise gráfica de *Bland-Altman* entre os valores de $MAOD_{ALT}$ determinados em teste e reteste expressos em valores absolutos (A), relativos à massa corporal (B), massa magra (MM) (C) e massa magra de membros inferiores (MM-MI) (D).

DISCUSSÃO

Estudo A – O $MAOD_{ALT}$ é válido em estimar a capacidade anaeróbia

O principal achado do estudo A foi verificar que há influência da intensidade de esforço supramáximo para determinação do $MAOD_{ALT}$ e que as melhores intensidades para determinar o $MAOD_{ALT}$ são correspondentes a 100, 115 e 140% da $i\dot{V}O_{2MAX}$, sendo a intensidade de 115% da $i\dot{V}O_{2MAX}$ a que apresenta os melhores coeficientes de correlação com o $MAOD_C$.

No presente estudo o $MAOD_C$ foi determinado a partir de um número de exercícios em intensidades submáximas para construção da reta de regressão linear entre a relação intensidade de exercício- $\dot{V}O_2$ de maneira mais confiável possível (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010), que diminui a ocorrências de erros randômicos e aumenta a confiança na determinação do $MAOD$. Tanto no estudo de Bertuzzi et al. (2010a), quanto no estudo de Zagatto e Gobatto (2012), que compararam o $MAOD_C$ com o $MAOD_{ALT}$, foram utilizadas apenas seis e 4 intensidades de esforço submáximo para construção da reta de regressão linear da relação $\dot{V}O_2$ -intensidade de exercício, respectivamente. O $MAOD_C$ no presente estudo foi determinado a

partir de dez intensidades submáximas, fortalecendo os achados de estudos prévios (BERTUZZI et al., 2010a; ZAGATTO; GOBATTO, 2012) que indicaram a validade do MAOD_{ALT} como preditor de capacidade anaeróbia.

Os valores de $W_{[La]}$ e W_{PCR} correspondentes as intensidades de 130 e 150% da intensidade de $\dot{V}O_{2MÁX}$ foram menores do que as outras intensidades de esforço supramáximo, embora não tenham sido estatisticamente diferentes (Tabela 1.3). Possivelmente, esses menores valores individuais de $W_{[La]}$ e W_{PCR} contribuíram para a diminuição dos valores de MAOD_{ALT} nessas intensidades, sendo observadas diferenças estatísticas quando esses dois componentes foram somados. Esses resultados são similares aos achados de Medbø e colaboradores (1988), que verificaram que quando o exercício supramáximo apresentava duração de pelo menos dois minutos, os valores de MAOD apresentavam um valor máximo constante, que fortaleceu o conceito de capacidade anaeróbia. Os menores valores de MAOD_{ALT} determinados a partir de intensidades supramáximas com menor tempo de exaustão poderia estar relacionado à inibição da máxima capacidade de ressíntese de ATP via metabolismo glicolítico, ocasionado possivelmente por diversos fatores relacionados à fadiga em exercícios de alta intensidade e com duração menor do que dois minutos, como é o caso da acidose (MEDBO et al., 1988). Assim, a diferença encontrada para as intensidades acima de 120% da $i\dot{V}O_{2MAX}$ (i.e. MAOD_{ALT130} e MAOD_{ALT150}) no presente estudo poderia estar relacionada aos processos envolvidos na fadiga nas intensidades realizadas até a exaustão com duração menor do que 2 minutos, que não permite a obtenção dos valores máximos de $W_{[La]}$ e W_{PCR} .

Embora não tenham sido verificadas diferenças nos valores de MAOD absoluto e relativo, somente foram observadas correlações significativas nos valores de MAOD_{ALT} relativos à massa magra de membros inferiores (tabela 1.4), mas não quando normalizados pela massa corporal total e massa magra. A questão sobre a normalização dos valores de MAOD pela massa muscular envolvida no exercício parece ser um fator importante a ser considerado. Por exemplo, Hill e Vingren (2011) demonstraram que o MAOD é sensível a massa muscular envolvida no exercício, comparando os valores obtidos na corrida e no ciclismo. Weber e Schneider (2000) compararam os valores de MAOD determinados em homens e mulheres no ciclismo e os homens apresentaram valores maiores de massa corporal total, massa magra e massa magra de membros inferiores do que as mulheres. No entanto, esses autores verificaram que o MAOD foi menor para as mulheres quando expressos em valores absolutos, relativos à massa corporal total e relativos a MM-MI, mas não relativos à massa magra total. Desse modo, a massa muscular ativa envolvida no exercício, que tem sido bem documentado em estudos envolvendo a determinação do MAOD em cicloergômetro (WEBER; SCHNEIDER, 2000;

2002), talvez explique esse efeito observado nos valores de coeficiente de correlação obtidos entre o $MAOD_{ALT}$ e o $MAOD_C$. No entanto, esses resultados ressaltam a importância de analisar os valores de MAOD em unidades relativas e sendo assim, para utilização do $MAOD_{ALT}$ como preditor de capacidade anaeróbia, a utilização dos valores de $MAOD_{ALT}$ somente parecem ser válidos quando expressos em unidades absolutas devido aos resultados observados no presente estudo.

Estudo B – O $MAOD_{ALT}$ é reprodutível à intensidade de 115% da $i\dot{V}O_{2MAX}$.

Os principais achados do estudo B foram que o $MAOD_{ALT}$ determinado a partir da intensidade de 115% da $i\dot{V}O_{2MAX}$ não mostrou diferenças significativas em teste e reteste, apresentou alta reprodutibilidade e um bom nível de concordância.

O MAOD determinado de modo convencional é um protocolo de avaliação da capacidade anaeróbia que demonstra reprodutibilidade (WEBER; SCHNEIDER, 2001). Weber e Schneider (2001) investigaram a reprodutibilidade do MAOD determinado a partir das intensidades de 110 e 120% da intensidade de $\dot{V}O_2$ pico e verificaram alta reprodutibilidade (i.e. coeficiente de correlação intraclasse de 0,95 e 0,97 para as intensidades de 110 e 120% da intensidade de $\dot{V}O_2$ pico, respectivamente). No entanto, para nosso conhecimento, esse é o primeiro estudo a investigar e demonstrar a reprodutibilidade do $MAOD_{ALT}$ e das suas respectivas contribuições do metabolismo glicolítico e de fosfagênio em cicloergômetro.

A quantificação da capacidade anaeróbia por meio do MAOD deve ser confiável o bastante para permitir a avaliação e monitoramento de possíveis alterações relacionadas ao treinamento (WEBER; SCHNEIDER, 2001). O $MAOD_{ALT}$ parece ser uma vantajosa ferramenta para utilização durante a rotina de treinamento, pois permite a estimativa da capacidade anaeróbia em apenas uma sessão de exercício supramáximo. Ainda, o $MAOD_{ALT}$ permite discriminar os metabolismos glicolítico e de fosfagênio, permitindo a análise das respostas específicas em cada metabolismo (BRISOLA et al., 2015). No entanto, as melhores associações foram observadas quando o $MAOD_{ALT}$ foi expresso em valores absolutos (Tabela 1.6). Embora os pontos obtidos das diferenças entre os valores de $MAOD_{ALT}$ esteja distribuídas em torno do erro sistemático, houve um limite de concordância correspondente a $\pm 0,54$ L (Figura 3.2). Estes valores correspondem a ~10% dos valores médios obtidos para o $MAOD_{ALT}$. Assim, deve-se ter cautela quando os valores de $MAOD_{ALT}$ forem utilizados, por exemplo, para verificar as possíveis respostas ao treinamento, especialmente se as diferenças entre a situação pré e pós treinamento forem menores do que esses valores. Apesar disso, é importante notar

que os limites de concordância dos valores de $MAOD_{ALT}$ expressos em unidades absolutas e relativas no presente estudo são menores do que os valores observados para o MAOD convencional em condição teste e reteste (DOHERTY; SMITH, 2001) e quando o $MAOD_{ALT}$ é utilizado para estimar o MAOD convencional (BERTUZZI et al., 2010a). Ainda mais, o coeficiente de variação também apresentou valores favoráveis, mostrando baixos valores de ~4%, que é menor do que os achados para o MAOD convencional (DOHERTY; SMITH, 2001).

Uma possível limitação do estudo foi que embora os valores de $MAOD_{ALT}$ obtidos nas intensidades de 100, 115 e 140% da $i\dot{V}O_{2MAX}$ apresentaram associações com o $MAOD_C$, a reprodutibilidade somente foi testada na intensidade de 115% da $i\dot{V}O_{2MAX}$. Ainda, a contribuição do metabolismo glicolítico é baseada nas concentrações de lactato sanguíneo, que não representam exatamente a estequiometria entre formação de lactato e ressíntese de ATP (BERTUZZI et al., 2015).

CONCLUSÃO

Portanto, baseado nos achados do presente estudo, podemos concluir que o $MAOD_{ALT}$ parece ser válido e reprodutível em cicloergômetro. O $MAOD_{ALT}$ determinado a partir de intensidade de exercício de 115% da $i\dot{V}O_{2MAX}$ permitiu as melhores estimativas do MAOD convencional, principalmente quando os resultados foram expressos em valores absolutos ou relativo à massa magra de membro inferior.

6.2 Experimento 2

RELAÇÃO ENTRE O MAOD DETERMINADO EM ÚNICO ESFORÇO SUPRAMÁXIMO EM CICLOERGÔMETRO E TESTE DE WINGATE 30-S

RESUMO

O objetivo do estudo foi verificar possíveis associações entre o máximo déficit acumulado de oxigênio determinado por meio de uma única sessão de esforço supramáximo ($MAOD_{ALT}$) e as variáveis de desempenho provenientes do teste de *Wingate* ($WAnT$). Quinze ciclistas recreacionais (Média \pm DP: idade = 31 ± 5 anos; massa corporal = $82,0 \pm 15,2$ kg; estatura = $177,3 \pm 6,8$ cm; gordura = $19,2 \pm 5,6$ %; MM = $61,0 \pm 9,6$ kg; e $\dot{V}O_{2MAX} = 45,9 \pm 5,8$ mL \cdot kg $^{-1}\cdot$ min $^{-1}$), praticantes de *mounatin biking*, foram submetidos ao teste incremental máximo para determinação do consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2MÁX}$) e da intensidade associada ao $\dot{V}O_{2MÁX}$ ($i\dot{V}O_{2MÁX}$), a um esforço supramáximo na intensidade de 115% da $i\dot{V}O_{2MÁX}$ para determinação do $MAOD_{ALT}$ e ao $WAnT$ para determinação da potência pico (PP), potência média (PM), índice de fadiga (IF) e trabalho total (TT). O $MAOD_{ALT}$ expresso em valores absolutos ($4,21 \pm 0,77$ L; IC95% = 3,78 – 4,64 L) apresentou correlações significativas somente com a PM ($470,0 \pm 101,7$ W; IC95% = 413,7 – 526,3 W) ($r = 0,53$; $p < 0,05$) e com o TT ($21,1 \pm 4,0$ kJ; IC95% = 18,9 – 23,3 kJ) ($r = 0,54$; $p < 0,05$). Concluiu-se que o $MAOD_{ALT}$, quando expresso em unidades absolutas, parece estar associado ao desempenho anaeróbio avaliado no $WAnT$ em ciclistas recreacionais.

INTRODUÇÃO

Em esforços de alta intensidade e curta duração, a máxima capacidade de ressíntese de adenosina trifosfato por meio do metabolismo “anaeróbio” (i.e. capacidade anaeróbia) é um importante fator para o desempenho (RAMSBOTTOM et al., 1994; DAL PUPO et al., 2013).

Recentemente, Bertuzzi et al. (2010a) propôs um método alternativo para estimativa da capacidade anaeróbia por meio de uma única sessão de esforço supramáximo ($MAOD_{ALT}$) (BERTUZZI et al., 2010a; ZAGATTO; GOBATTO, 2012; BERTUZZI et al., 2015; BRISOLA et al., 2015), considerando a soma dos equivalentes de oxigênio do metabolismo glicolítico ($W_{[La]}$) (estimado por meio de um equivalente de oxigênio para o acúmulo de lactato) e dos fosfagênios (W_{PCR}) (estimado por meio do componente rápido do consumo excessivo de oxigênio após o exercício – $EPOC_{RÁPIDO}$) (BERTUZZI et al., 2010a). O $MAOD_{ALT}$ tem demonstrado ser um protocolo válido (BERTUZZI et al., 2010a) (Experimento 1), reprodutível (Experimento 1) e apresenta vantagens em relação ao máximo déficit de acumulado de oxigênio (MAOD) determinado de modo convencional (i.e. MAOD determinado pela diferença entre a área teórica e real do $\dot{V}O_2$) (MEDBO et al., 1988), pois permite a análise da $W_{[La]}$ e W_{PCR} separadamente (BERTUZZI et al., 2015).

Entretanto, a utilização do $MAOD_{ALT}$ como índice de capacidade “anaeróbia” ainda não está bem estabelecido e carece de maiores investigações, similares aos estudos que buscaram verificar a sensibilidade do MAOD em discriminar indivíduos com diferentes níveis de aptidão anaeróbia (MEDBO et al., 1988), verificar a influência do ergômetro (HILL; DAVEY; STEVENS, 2002; HILL; VINGREN, 2011) e relaciona-lo com o desempenho em esforços de alta intensidade e curta duração (SCOTT et al., 1991; MINAHAN; CHIA; INBAR, 2007; DAL PUPO et al., 2013). Ainda, correlações entre o $MAOD_{ALT}$ com outros procedimentos anaeróbios poderiam fortalecer a validade do protocolo devido à similar necessidade de produção de energia por meio do metabolismo “anaeróbio” nesses esforços (SCOTT et al., 1991).

Dentre diversos procedimentos de avaliação anaeróbia descritos na literatura, o teste de *Wingate* (WAnT) consiste na realização de um esforço máximo de 30 segundos em cicloergômetro, que permite a mensuração de parâmetros relacionados a *performance* anaeróbia como a potência pico (PP), potência média (PM), índice de fadiga (IF) e trabalho total (TT) (ZUPAN et al., 2009). Além disso, os índices mensurados no WAnT apresentam correlações com o desempenho em esforços de alta intensidade e curta duração (SCOTT et al., 1991; BERTUZZI et al., 2015).

Embora os conceitos de capacidade e potência anaeróbia sejam diferentes (GREEN, 1994; MINAHAN; CHIA; INBAR, 2007), protocolos de avaliação anaeróbia muitas vezes são validados pela comparação ou associação com o WAnT (ZEMKOVÁ; HAMAR, 2004; LIMA et al., 2011).

Recentemente, Bertuzzi et al. (2015) também mostrou que o MAOD_{ALT} apresentado em valor absoluto (i.e., litros de O₂) foi significativamente correlacionado com a potência pico ($r=0,78$) e potência média ($r=0,79$) do WAnT em uma amostra de estudantes, indicando que o MAOD_{ALT} parece apresentar relações com índices anaeróbios. No entanto, apesar de os estudantes apresentarem um moderado nível de atividade física (i.e. consumo máximo de oxigênio = $41,3 \pm 6,0 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; PP = $614,9 \pm 122,9 \text{ W}$; e PM = $462,3 \pm 88,0 \text{ W}$), a falta de familiaridade desses sujeitos com o ergômetro nesse estudo não permitem a inferência para ciclistas moderadamente ativos e treinados. Ainda, Bertuzzi et al. (2015) não apresentaram essas associações do MAOD_{ALT} com o WAnT para valores relativos à massa corporal, que tem sido sugerido como a forma mais sensível de apresentar os valores de MAOD (GASTIN; LAWSON, 1994; WEBER; SCHNEIDER, 2000), mostrando ainda uma incerteza na associação entre o MAOD_{ALT} com o WAnT.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi verificar a associação entre MAOD_{ALT} (apresentado em unidade absoluta e relativa à massa corporal) com os parâmetros do WAnT. A hipótese é que o MAOD_{ALT} apresente correlações com os índices de desempenho obtidos no WAnT, como já observado em estudos prévios utilizando o MAOD determinado de modo convencional e o MAOD_{ALT} (SCOTT et al., 1991; BERTUZZI et al., 2015).

MATERIAL E MÉTODOS

Sujeitos

Quinze ciclistas recreacionais, praticantes de *mountain biking*, do sexo masculino participaram do estudo (Média \pm DP: idade = 31 ± 5 anos; massa corporal = $82,0 \pm 15,2 \text{ kg}$; estatura = $177,3 \pm 6,8 \text{ cm}$; porcentagem de gordura = $19,2 \pm 5,6 \%$; massa magra = $61,0 \pm 9,6 \text{ kg}$; massa magra de membros inferiores = $21,8 \pm 3,8 \text{ kg}$) (Discovery, Hologic, Sunnyvale, EUA). Os ciclistas relataram experiência de pelo menos seis meses com um volume médio semanal de prática na modalidade de $166,2 \pm 107,7 \text{ km}$ por semana e frequência de treino de três vezes por semana.

Todos os indivíduos foram instruídos a não ingerir álcool, cafeína e a não realizar exercícios exaustivos pelo menos 24 horas antes de cada sessão. Ainda, somente foram

selecionados para o estudo os indivíduos que relataram não estar realizando nenhum tipo de restrição nutricional ou fazendo o uso de suplementos como creatina, bicarbonato de sódio ou suplementos termo gênicos há pelo menos três meses. Os sujeitos foram informados sobre os riscos e benefícios dos procedimentos e somente iniciaram as avaliações após a assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido. Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética da Universidade Estadual Paulista (Protocolo 645.784/2014) e foram conduzidos segundo a Declaração de Helsinki.

Procedimentos experimentais

Inicialmente, os indivíduos foram submetidos ao teste incremental máximo para determinação do consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2MÁX}$) e da menor intensidade onde o $\dot{V}O_{2MÁX}$ foi atingido ($i\dot{V}O_{2MÁX}$). Em seguida, foi realizado um esforço supramáximo à intensidade de 115% da $i\dot{V}O_{2MÁX}$ para determinação do $MAOD_{ALT}$ e um WAnT. Todos os procedimentos foram realizados em cicloergômetro eletromagnético (*Lode-Excalibur Sport*, Lode, Holanda) com a cadência livre a escolha do avaliado entre 70 a 90 rpm (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010), que foi definida em uma familiarização prévia do avaliado com o equipamento. Os indivíduos foram instruídos a manter a mesma cadência no teste incremental e no esforço supramáximo com uma variação de no máximo ± 5 rpm. As configurações do cicloergômetro foram individualmente ajustadas de acordo com o conforto do avaliado e os padrões individuais foram mantidos em todos os testes. O aquecimento em todos os testes foi padronizado à intensidade de 100 W e cinco minutos de duração, com exceção do WAnT que teve a realização de dois *sprints* de 2-3s nos minutos 3 e 4 (BENEKE et al., 2002).

Para eliminar a influência de variações circadianas, cada sujeito realizou as avaliações ao mesmo período do dia em condições de ambiente controlado (20 ± 1 °C de temperatura e 61 ± 8 % de umidade relativa). Os procedimentos em cada estudo foram aplicados em um período máximo de duas semanas com um intervalo mínimo de 48 horas entre cada sessão de exercício ou teste.

Em todos os procedimentos o consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$), a frequência cardíaca (FC) e a percepção subjetiva de esforço foi avaliada conforme descrito no item 5.3.1, enquanto que a lactacidemia foi mensurada conforme o item 5.3.2.

Teste incremental máximo

O teste incremental máximo foi realizado para determinar o consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2MÁX}$) e a intensidade associada ao $\dot{V}O_{2MÁX}$. O procedimento foi conduzido conforme descrito no item 5.4.1, exceto a intensidade inicial que foi correspondente a 75-125 W.

Determinação do MAOD alternativo (MAOD_{ALT})

Após a realização do aquecimento, os participantes realizaram um esforço a 115% da $i\dot{V}O_{2MÁX}$ até a exaustão voluntária ou incapacidade de realizar o esforço na cadência pré-estabelecida (FARIA; PARKER; FARIA, 2005). O $\dot{V}O_2$ foi mensurado durante e após o esforço para o cálculo do consumo excessivo de oxigênio após o exercício (EPOC).

O MAOD_{ALT} foi determinado a partir da somatória dos conteúdos de oxigênio dos sistemas dos fosfagênios (W_{PCR}) e glicolítico ($W_{[La]}$) do esforço supramáximo realizado a 115% da $i\dot{V}O_{2MÁX}$, sendo calculados conforme descrito no item 5.4.5.

Teste de Wingate (WAnT)

O teste de *Wingate* (WAnT) correspondeu a um esforço máximo de 30 segundos com a carga constante, conforme descrito no item 5.5.1, para mensuração da potência pico (PP), potência média (PM), índice de fadiga (IF, calculado por meio da equação: $IF = [(PP - \text{Potência mínima}) \times 100] / PP$) e trabalho total (TT).

Análise estatística

A análise estatística do Experimento 2 foi realizada conforme descrito no item 5.8.2.

RESULTADOS

No teste incremental máximo, todos os sujeitos atingiram os critérios no momento de exaustão para confirmação do $\dot{V}O_{2MÁX}$ (HOWLEY; BASSETT; WELCH, 1995) (Tabela 2.1). Assim, a intensidade de 115% da $i\dot{V}O_{2MÁX}$ correspondeu a $324,0 \pm 39,4$ W (302,2 – 345,8 W).

Tabela 2.1 – Valores de frequência cardíaca (FC), quociente respiratório (QR), concentração de lactato pico ($[La^-]_{PICO}$), tempo total e consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2MAX}$) obtidos no teste incremental máximo (n= 15).

	FC (bpm)	QR	$[La^-]_{PICO}$ (mmol·L ⁻¹)	Tempo total (min)	$\dot{V}O_{2MAX}$ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)
Média ± DP	187,5 ± 10,0	1,22 ± 0,06	10,7 ± 2,0	13,2 ± 3,1	45,9 ± 5,8
(IC95%)	(181,7 – 193,3)	(1,19 – 1,26)	(9,6 – 11,9)	(11,5 – 14,9)	(42,7 – 49,1)

No esforço supramáximo a 115% da $i\dot{V}O_{2MAX}$, o tempo até a exaustão no esforço supramáximo foi de $180,1 \pm 22,3$ s (IC95%= 167,7 – 192,4 s), enquanto que a $W_{[La]}$ foi de $2,74 \pm 0,44$ L (IC95%= 2,49 – 2,99 L) e $34,0 \pm 5,2$ mL·kg⁻¹ (IC95%= 31,1 – 36,9 mL·kg⁻¹) e a W_{PCR} foi de $1,45 \pm 0,45$ L (IC95%= 1,20 – 1,70 L) e $17,7 \pm 3,6$ mL·kg⁻¹ (IC95%= 15,7 – 19,6 mL·kg⁻¹). Desse modo, os valores de $MAOD_{ALT}$ foram de $4,21 \pm 0,77$ L (IC95%= 3,78 – 4,64 L) e $51,7 \pm 5,9$ mL·kg⁻¹ (IC95%= 48,4 – 55,0 mL·kg⁻¹). Quando expressos em valores relativos à massa magra de membros inferiores (MM-MI), os valores de $MAOD_{ALT}$ foram de $193,7 \pm 19,6$ mL·kg⁻¹ MM-MI (IC95%= 182,9 – 204,6 mL·kg⁻¹ MM-MI).

A Tabela 2.2 apresenta os valores de PP, PM, TT e IF avaliados no WAnT.

Tabela 2.2 – Potência pico (PP), potência média (PM), trabalho total (TT) e índice de fadiga avaliados no teste de *Wingate* (n=15).

	PP (W)	PM (W)	TT (kJ)	IF (%)
Média ± DP	995,3 ± 223,7	470,0 ± 101,7	21,1 ± 4,0	51,9 ± 8,5
(IC95%)	(871,5 – 1119,2)	(413,7 – 526,3)	(18,9 – 23,3)	(47,2 – 56,6)

A Tabela 2.3 apresenta os coeficientes de correlação observados entre os valores de $MAOD_{ALT}$ e as variáveis provenientes do WAnT. Quando expresso em valores absolutos, o $MAOD_{ALT}$ apresentou moderadas correlações significativas somente com a PM e o TT (p<0,05). No entanto, os valores de $MAOD_{ALT}$ relativos à massa corporal e à massa magra de membros inferiores não foram significativamente correlacionadas com as variáveis provenientes do WAnT (Tabela 2.3). Quando expressos em valores absolutos, a $W_{[La]}$ durante o esforço supramáximo a 115% da $i\dot{V}O_{2MAX}$ apresentou moderadas e significativas correlações com a PP, PM e o TT, enquanto que a W_{PCR} não foi significativamente correlacionada com nenhuma das variáveis obtidas no WAnT. Quando expressos em valores relativos, somente foi observada correlação significativa (p= 0,016) entre a W_{PCR} e o IF, mas também uma correlação moderada.

Tabela 2.3 – Coeficientes de correlação (IC95%) entre MAOD_{ALT} e as variáveis provenientes do teste de *Wingate* (n=15).

	PP (W)	PM (W)	TT (kJ)	IF (%)
MAOD _{ALT} (L)	0,36 (-0,19 – 0,74)	0,53* (0,02 – 0,82)	0,54* (0,05 – 0,83)	-0,21 (-0,65 – 0,34)
MAOD _{ALT} (mL·kg ⁻¹)	-0,15 (-0,62 – 0,39)	-0,00 (-0,51 – 0,51)	-0,21 (-0,65 – 0,34)	-0,30 (-0,71 – 0,25)
MAOD _{ALT} (mL·kg ⁻¹ MM-MI)	0,29 (-0,26 – 0,70)	0,31 (-0,24 – 0,71)	0,27 (-0,28 – 0,69)	0,02 (-0,50 – 0,53)
W _[La] (L)	0,58* (0,09 – 0,84)	0,55* (0,06 – 0,83)	0,57* (0,09 – 0,84)	0,04 (-0,48 – 0,54)
W _[La] (mL·kg ⁻¹)	0,05 (-0,47 – 0,55)	-0,07 (-0,56 – 0,46)	-0,23 (-0,66 – 0,32)	0,07 (-0,46 – 0,56)
W _{PCR} (L)	0,04 (-0,48 – 0,54)	0,36 (-0,19 – 0,74)	0,36 (-0,18 – 0,74)	-0,41 (-0,76 – 0,13)
W _{PCR} (mL·kg ⁻¹)	-0,32 (-0,71 – 0,22)	0,10 (-0,44 – 0,58)	-0,02 (-0,53 – 0,49)	-0,61* (-0,85 – -0,14)

*=p<0,05. W_[La]= contribuição do metabolismo glicolítico. W_{PCR}= contribuição do metabolismo de fosfagênio.

DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi verificar a correlação entre as variáveis provenientes do MAOD_{ALT} e do WAnT. O principal achado foi que o MAOD_{ALT} apresentou moderadas correlações com os valores de PM e TT obtidos no WAnT, no entanto só para o MAOD_{ALT} apresentado em valor absoluto.

Nossos achados corroboram os resultados de Bertuzzi et al. (2015), que investigaram a relação entre as variáveis obtidas no MAOD_{ALT} determinado em cicloergômetro e esforço máximo de 30s (i.e. WAnT) em indivíduos moderadamente ativos. Esses autores verificaram fortes correlações do MAOD_{ALT} com a potência pico (PP) (r= 0,78; p<0,05) e com a potência média (PM) (r= 0,79; p=0,05), ambas apresentaram apenas o MAOD_{ALT} em unidade absoluta, indicando que a capacidade “anaeróbia” estimada por meio deste protocolo parece apresentar relações com índices anaeróbios.

Embora o WAnT não tenha tempo suficiente para exaurir todo o montante de energia “anaeróbia”, alguns autores consideram a PM e o TT como indicadores de “capacidade anaeróbia” (ZUPAN et al., 2009). De fato, Scott et al. (1991) verificaram significativas correlações entre o MAOD determinado de modo convencional e as variáveis provenientes do WAnT, sugerindo que existem alguns aspectos em comum relacionados à aptidão anaeróbia entre estes testes. Assim, independente da discussão sobre qual dos índices são avaliados no WAnT, potência ou capacidade “anaeróbia” (MINAHAN; CHIA; INBAR, 2007), as associações encontradas no presente estudo sugerem que o MAOD_{ALT} parece corresponder a um índice “anaeróbio”, mas apenas para o valor em unidade absoluta.

A PP obtida no WAnT está mais relacionada à capacidade de produção de energia por unidade de tempo (i.e. potência anaeróbia) do que propriamente ao montante total de energia que o indivíduo pode produzir por meio do metabolismo anaeróbio (i.e. capacidade anaeróbia)

(MINAHAN; CHIA; INBAR, 2007). No estudo de Bertuzzi e colaboradores (2015) foram observadas significativas correlações entre a contribuição do metabolismo de fosfagênio e a PP avaliada no teste de Wingate em estudantes ($r= 0,71$). Esses autores sugeriram a possibilidade de se estimar a contribuição desse metabolismo por meio da PP, considerando a dependência da potência anaeróbia alática alcançada nos instantes iniciais do teste. No entanto, no presente estudo não foram verificadas correlações significativas entre a PP e a W_{PCR} em ciclistas recreacionais. Beneke et al. (2002) verificaram que a energia advinda do metabolismo glicolítico explicou 83% e 81% da variância da potência pico e potência média no teste de Wingate, respectivamente, e que a inclusão dos valores da energia do metabolismo de fosfagênio não melhoraram os resultados. Esses autores argumentaram que alta taxa do metabolismo de fosfagênio durante os segundos iniciais do teste leva a um aumento agudo do pH que poderia facilitar a atividade de enzima fosfofrutoquinase e pode aumentar a taxa da glicólise. Ainda mais, argumentaram sobre a possibilidade de que talvez ainda haveria creatina fosfato disponível após o teste de Wingate. Assim, é possível que maiores valores de W_{PCR} avaliado no teste supramáximo para determinação do $MAOD_{ALT}$ não necessariamente representem maiores valores de PP no teste de Wingate.

A correlação encontrada entre a $W_{[La]}$ e as variáveis de PP, PM e TT podem ser explicadas pela significativa contribuição do metabolismo glicolítico para ressíntese de adenosina trifosfato durante o W_{AnT} e pela relação próxima que existe entre o acúmulo de lactato e a manutenção de altos valores de potência mecânica durante os 30 s de teste (BERTUZZI et al., 2015). A contribuição do metabolismo glicolítico e de fosfagênio durante o W_{AnT} representam aproximadamente 50 e 30%, respectivamente, da contribuição energética total durante esse esforço (BENEKE et al., 2002). Sendo assim, a capacidade de produzir energia por esse metabolismo se torna importante tanto nos instantes iniciais, como descrito acima, quanto na manutenção do desempenho durante o teste.

Quando o $MAOD_{ALT}$, $W_{[La]}$ e W_{PCR} foram expressos em valores relativos à massa corporal, somente foi observada correlações significativas entre a W_{PCR} e o IF. O índice de fadiga representa a queda de desempenho do indivíduo durante os 30 s de teste e é calculado com base no percentual de decaimento de potência a partir da potência pico. Uma possível explicação estaria relacionada a significativa contribuição do metabolismo dos fosfagênios durante o teste de Wingate como relatado anteriormente. Talvez, os indivíduos com a maior capacidade de ressíntese por meio desse metabolismo foram capazes de sustentar altos valores potência por mais tempo durante o teste. No entanto, essa hipótese não parece ser plausível devido a observação de que esse metabolismo não apresentou correlações com os índices PM

e TT. É importante ressaltar que o IF é um índice que pode não representar a tolerância à fadiga (BAR-OR, 1987), sendo dependente dos valores determinados de potência pico e potência mínima. Ainda mais, o IF não tem apresentado correlações com as variáveis relacionadas a contribuição dos metabolismos energéticos (BENEKE et al., 2002; BERTUZZI et al., 2015).

Em relação às correlações não observadas entre o $MAOD_{ALT}$ e $W_{[La]}$ expressos em valores relativos e as variáveis provenientes do WAnT, é importante ressaltar que no estudo de Bertuzzi et al. (2010a) foi proposto o protocolo de $MAOD_{ALT}$ como alternativa para estimativa da capacidade anaeróbia em apenas uma sessão de esforço supramáximo somente em valores expressos em unidades absolutas. Ainda mais, tem sido verificado que os melhores resultados de validade e reprodutibilidade do $MAOD_{ALT}$ são quando este é expresso em unidades absolutas (Experimento 1). Uma das limitações descritas por esses autores e que talvez expliquem os resultados encontrados no presente estudo foi a de que o equivalente de oxigênio calculado por meio das $[La^-]$ pode talvez não representar a exata estequiometria entre ressíntese de adenosina trifosfato e formação de lactato. Do mesmo modo, foi sugerido que o EPOC utilizado para estimativa da equivalente de oxigênio do metabolismo de fosfagênio também apresenta limitações como, por exemplo, uma possível influência do $\dot{V}O_2$ alcançado na exaustão (GREEN; DAWSON, 1993). Ainda mais, alguns estudos têm demonstrado e discutido a importância da normalização dos valores de MAOD expressos em unidades relativas à massa corporal ou massa muscular ativa (GASTIN; LAWSON, 1994; WEBER; SCHNEIDER, 2000) e sendo assim, maiores investigações são necessárias e sugere-se cautela na utilização das variáveis provenientes do $MAOD_{ALT}$.

Portanto, conclui-se que o $MAOD_{ALT}$, quando expresso em valores absolutos, parece estar associado ao desempenho anaeróbio avaliado no teste de WAnT em ciclistas recreacionais.

6.3 Experimento 3

CAPACIDADE DO MAOD ESTIMADO EM ÚNICO ESFORÇO SUPRAMÁXIMO EM DISCRIMINAR A CAPACIDADE ANAERÓBIA DE HOMENS SEDENTÁRIOS, MODERADAMENTE ATIVOS E TREINADOS EM CICLOERGÔMETRO

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi verificar a sensibilidade do máximo déficit acumulado de oxigênio determinado em esforço único supramáximo ($MAOD_{ALT}$) em discriminar a capacidade “anaeróbia” mensurada em indivíduos com diferentes níveis de treinamento em cicloergômetro. Cinquenta e cinco homens saudáveis, divididos em três grupos, classificados como não treinados ($N=18$), recreacionalmente treinados ($N=27$) e treinados ($N=10$), foram submetidos ao teste incremental máximo para determinação do consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2MÁX}$) e da intensidade associada ao $\dot{V}O_{2MÁX}$ ($i\dot{V}O_{2MÁX}$), e ao esforço supramáximo na intensidade de 115% da $i\dot{V}O_{2MÁX}$ para determinação do $MAOD_{ALT}$. Os valores de $MAOD_{ALT}$ do grupo de indivíduos não treinados ($3,40 \pm 0,61$ L) foi menor do que o grupo de indivíduos recreacionalmente treinados ($4,22 \pm 0,88$) ($p=0,006$), mas não do grupo de treinados ($4,10 \pm 0,99$) ($p=0,111$). No entanto, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos recreacionalmente treinados e treinados ($p=1,000$). Quando expressos em valores relativos à massa corporal, o $MAOD_{ALT}$ do grupo não treinados ($46,1 \pm 6,6$ mL·kg⁻¹) foi menor do que o grupo recreacionalmente treinados ($53,3 \pm 6,3$ mL·kg⁻¹) ($p= 0,011$) e treinados ($56,9 \pm 12,1$ mL·kg⁻¹) ($p= 0,003$). Não foram verificadas diferenças significativas entre os indivíduos recreacionalmente treinados e treinados ($p= 0,632$). Podemos concluir que o $MAOD_{ALT}$ parece ser sensível em discriminar indivíduos com diferentes níveis de capacidade “anaeróbia” em cicloergômetro.

INTRODUÇÃO

A capacidade anaeróbia (i.e., máximo déficit acumulado de oxigênio; MAOD) tem sido estimada por meio de uma única sessão de esforço supramáximo (MAOD_{ALT}) (BERTUZZI et al., 2010a; BERTUZZI et al., 2015), sendo determinada a partir da soma dos equivalentes de oxigênio provenientes dos metabolismos glicolítico (estimado pela diferença entre a concentração de lactato pico e de repouso) e de fosfagênio (estimada a partir do componente rápido do consumo excessivo de oxigênio após o exercício) (BERTUZZI et al., 2010a; BRISOLA et al., 2015).

Esse procedimento MAOD_{ALT} proposto inicialmente por Bertuzzi et al. (2010a) parece ser similar ao MAOD convencional, e associado ao desempenho anaeróbio no teste de *Wingate* (BERTUZZI et al., 2015). No entanto, apesar de alguns relevantes estudos (BERTUZZI et al., 2010a; ZAGATTO; GOBATTO, 2012; BERTUZZI et al., 2015; BRISOLA et al., 2015), o MAOD_{ALT} é um procedimento recente e necessita de maiores investigações para comprovar sua efetiva validade e possível utilização prática na rotina de treinamento, sendo que um importante fator é a sensibilidade em distinguir indivíduos com diferentes capacidade anaeróbia.

Scott et al. (1991) reportaram que o MAOD determinado de modo convencional (i.e. determinado a partir da diferença entre a área da demanda do consumo de oxigênio predita e do consumo de oxigênio acumulado) foi maior em corredores velocistas ($78,3 \pm 3,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$) quando comparados a corredores fundistas ($56,9 \pm 5,1 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$) e sujeitos não treinados ($56,1 \pm 10,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$). Ainda, Gatin e Lawson (1994) também verificaram que ciclistas treinados velocistas apresentaram valores maiores de MAOD quando comparados aos ciclistas treinados em *endurance* e indivíduos não treinados. Esses autores demonstraram que o MAOD foi sensível em discriminar indivíduos com diferentes níveis de aptidão anaeróbia e sendo assim, fortaleceram o uso desse procedimento como indicador de capacidade anaeróbia.

No entanto, nenhum estudo verificou se o MAOD_{ALT} é sensível em discriminar indivíduos com diferentes níveis de treinamento. Além disso, como o MAOD_{ALT} corresponde a somatória de ambos equivalentes de oxigênio das vias metabólicas de glicolítico e fosfagênio, esse método também possibilitaria identificar as respostas desses sistemas metabólicos decorrentes do treinamento. De modo inicial, Brisola et al. (2015) descreveram que a suplementação aguda de bicarbonato de sódio aumentou o MAOD_{ALT} em ~8%, com aumento da contribuição do sistema glicolítico em ~15%, mas sem alteração na contribuição do sistema de fosfagênio, apresentando uma sensibilidade do método em detectar alterações nesses

sistemas metabólicos por via ergogênica ao invés de adaptações decorrentes do treinamento. Sendo assim, devido à capacidade anaeróbia estimada pelo MAOD apresentar melhora em decorrência do treinamento (TABATA et al., 1996), a sensibilidade do MAOD_{ALT} em identificar diferenças entre indivíduos com diferentes níveis de capacidade anaeróbia poderia fortalecer a validade do recente protocolo proposto.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi verificar a sensibilidade do MAOD_{ALT} em discriminar a capacidade anaeróbia mensurada em indivíduos com diferentes níveis de treinamento em cicloergômetro. A hipótese é que indivíduos treinados apresentem valores maiores de MAOD_{ALT} quando comparados a indivíduos não treinados.

METODOLOGIA

Sujeitos

O estudo foi composto por 55 homens saudáveis que foram divididos em três grupos: indivíduos não treinados, treinados recreacionalmente e treinados (DE PAUW et al., 2013). O primeiro critério para discriminar o estado de treinamento dos indivíduos foi a análise do valor de consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2MAX}$), caracterizando os indivíduos não treinados aqueles que apresentaram o $\dot{V}O_{2MAX} < 45 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ e indivíduos treinados os que apresentaram o valor de $\dot{V}O_{2MAX} \geq 55 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Os critérios secundários de classificação dos indivíduos foram a intensidade associada ao $\dot{V}O_{2MAX}$ ($i\dot{V}O_{2MAX}$) e características de treinamento (i.e. frequência e volume semanal de treino). Os indivíduos não treinados praticavam atividades físicas como futebol, futsal, academia, ciclismo e outras atividades, mas com pouco volume de treino na modalidade. Os indivíduos recreacionalmente treinados foram ciclistas praticantes de *mountain biking* com um volume de treino semanal em média de ~133 km e frequência de 3-4 vezes por semana. Os indivíduos treinados eram ciclistas de *mountain biking* treinados em *endurance* e apresentavam volume semanal de treino de 335 km com frequência de 4-6 vezes por semana.

Tabela 3.1 – Características dos sujeitos do Experimento 3.

	Idade (anos)	Estatura (cm)	Massa corporal (kg)	MM-MI* (kg)	Gordura* (%)
Não treinados (n= 18)	25 ± 7	174,0 ± 5,8	74,0 ± 9,3	19,6 ± 1,9	19,1 ± 4,1
Recreacionais (n= 27)	30 ± 7	175,6 ± 7,1	79,4 ± 14,3	21,3 ± 3,3	17,9 ± 5,4
Treinados (n= 10)	28 ± 5	182,0 ± 7,8	72,5 ± 10,3	21,3 ± 3,6	13,0 ± 3,4

*Composição corporal avaliada por meio do DXA (Discovery, Hologic, EUA).

Desenho experimental

Inicialmente, os sujeitos foram submetidos ao teste incremental máximo para determinação do consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2MAX}$) e da intensidade ao $\dot{V}O_{2MAX}$ ($i\dot{V}O_{2MAX}$). Em seguida foram submetidos a um esforço supramáximo à intensidade de 115% da $i\dot{V}O_{2MAX}$ para determinação do $MAOD_{ALT}$. Todos os procedimentos foram realizados em cicloergômetro (*Lode-Excalibur Sport*, Lode, Holanda) com a cadência livre a escolha do avaliado entre 70 e 90 rpm (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010), que foi definida em uma familiarização prévia do avaliado com o equipamento. Os indivíduos foram instruídos a manter a mesma cadência no teste incremental e no esforço supramáximo com uma variação de no máximo 5 rpm. As configurações do cicloergômetro foram individualmente ajustadas de acordo com o conforto do avaliado e os padrões individuais foram mantidos em todos os testes. Para eliminar a influência de variações circadianas, cada sujeito realizou as avaliações ao mesmo período do dia em condições de ambiente controlado (20 ± 1 °C de temperatura e 61 ± 8 % de umidade relativa). Os procedimentos em cada estudo foram aplicados em um período máximo de duas semanas com um intervalo mínimo de 48 horas entre cada sessão de exercício ou teste.

Procedimentos Experimentais

Mensuração das repostas respiratórias e lactacidêmicas

O consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$), frequência cardíaca (FC) e percepção subjetiva de esforço foram mensuradas conforme descrito no item 5.3.1, enquanto que a lactacidemia foi mensurada conforme descrito no item 5.3.2.

Teste incremental máximo

O teste incremental máximo foi realizado para determinação do consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2MÁX}$) e intensidade associada ao $\dot{V}O_{2MÁX}$ ($i\dot{V}O_{2MÁX}$). O procedimento foi realizado conforme descrito no item 5.4.1, exceto a intensidade inicial, que foi de 100-125 W para os indivíduos não treinados e 150 W para os ciclistas treinados recreacionalmente e treinados.

Esforço supramáximo e determinação do MAOD_{ALT}

O esforço supramáximo foi correspondente a 115% da $i\dot{V}O_{2MAX}$ e foi realizado até a exaustão para determinação do MAOD_{ALT}, que foi conduzido conforme descrito no item 5.4.5.

Em adição, a contribuição do metabolismo oxidativo (W_{AER}) foi estimado subtraindo os valores de $\dot{V}O_2$ de repouso da área de $\dot{V}O_2$ acumulado durante o esforço supramáximo usando o método trapezoidal (BRISOLA et al., 2015).

Análise estatística

A análise estatística do Experimento 3 foi realizada conforme descrito no item 5.8.3.

RESULTADOS

A tabela 3.2 apresenta os valores das respostas fisiológicas obtidas no momento de exaustão no teste incremental máximo. Todos os indivíduos atingiram os critérios para confirmação do $\dot{V}O_{2MÁX}$. Não foram verificadas diferenças significativas entre os grupos para a FC, QR e $[La^-]_{PICO}$ obtidos no teste incremental máximo. No entanto, o $\dot{V}O_{2MÁX}$, $i\dot{V}O_{2MÁX}$, e tempo total no teste incremental do grupo não treinados foram estatisticamente menores do que o grupo recreacionais, e ambos foram menores do o grupo treinados ($p < 0,001$) (Tabela 3.2).

A Figura 4.1 apresenta os valores de MAOD_{ALT} expressos em valores absolutos e relativos à massa corporal. O grupo de indivíduos não treinados apresentou valores menores de MAOD_{ALT} expresso em valores absolutos do que o grupo recreacionais, mas não dos treinados. No entanto, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos recreacionais e treinados. Quando expressos em valores relativos à massa corporal, o MAOD_{ALT} do grupo não treinados foi menor do que o grupo recreacionais ($p = 0,011$) e treinados ($p = 0,003$). Não foram verificadas diferenças significativas entre os indivíduos recreacionais e treinados ($p = 0,632$).

Resultados semelhantes foram observados quando o $MAOD_{ALT}$ foi expresso relativo à massa magra de membros inferiores.

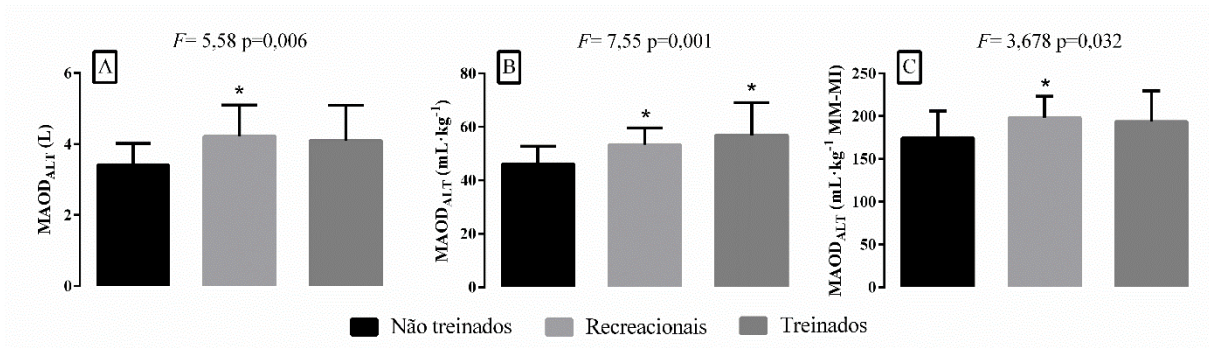


Figura 4.1 – Máximo déficit acumulado de oxigênio determinado em um único esforço supramáximo ($MAOD_{ALT}$) expresso em unidades absolutas (A), relativo à massa corporal (B) e à massa magra de membros inferiores (C) em indivíduos não treinados ($n=18$), recreacionais ($n=27$) e treinados ($n=10$). *= diferenças significativas para os não treinados.

A tabela 3.3 apresenta os valores de tempo até a exaustão (t_{lim}) e o equivalente energético dos metabolismos no esforço supramáximo à intensidade de 115% da $i\dot{V}O_{2MÁX}$. O t_{lim} não foi diferente entre os grupos não treinados, recreacionais e treinados ($p=0,067$).

A contribuição do metabolismo aeróbio (W_{AER}) não foi diferente entre os grupo recreacionais e treinados ($p=1,000$), mas ambos foram maiores do que o grupo não treinados ($p<0,01$). A contribuição do metabolismo glicolítico ($W_{[La]}$) do grupo recreacionais foi maior do que os indivíduos não treinados. No entanto, a $W_{[La]}$ do grupo treinado não foi diferente do grupo não treinado e do grupo recreacionais. Ainda mais, a contribuição do metabolismo de fosfagênio (W_{PCR}) foi maior no grupo treinado quando comparados aos grupos não treinados e recreacionais. A W_{PCR} do grupo não treinados foi menor do que o grupo recreacionais.

Tabela 3.2 – Valores das respostas fisiológicas no momento de exaustão no teste incremental, intensidade associada ao consumo máximo de oxigênio ($i\dot{V}O_{2MÁX}$) e tempo total.

	FC (bpm)	QR	$[La^-]_{PICO}$ ($mmol \cdot L^{-1}$)	$\dot{V}O_{2MÁX}$ ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	$i\dot{V}O_{2MÁX}$ (W)	$i\dot{V}O_{2MÁX}$ ($W \cdot kg^{-1}$)	Tempo total (min)
Não treinados (n=18)	182 ± 9 (178 – 187)	$1,21 \pm 0,05$ (1,19 – 1,24)	$10,4 \pm 1,5$ (9,7 – 11,2)	$40,8 \pm 2,7$ (39,5 – 42,1)	$218,3 \pm 28,8$ (204,0 – 232,7)	$3,0 \pm 0,2$ (2,9 – 3,1)	$11,1 \pm 2,4$ (9,9 – 12,3)
Recreacionais (n=27)	185 ± 9 (181 – 188)	$1,20 \pm 0,07$ (1,18 – 1,23)	$10,7 \pm 2,2$ (9,9 – 11,6)	$47,4 \pm 4,9^*$ (45,5 – 49,4)	$272,4 \pm 32,6^*$ (259,5 – 285,3)	$3,5 \pm 0,4^*$ (3,3 – 3,7)	$14,0 \pm 2,8^*$ (12,9 – 15,1)
Treinados (n=10)	185 ± 11 (177 – 193)	$1,20 \pm 0,08$ (1,14 – 1,26)	$8,9 \pm 2,5$ (7,2 – 10,7)	$58,5 \pm 3,9^{*\text{¥}}$ (55,6 – 61,3)	$319,5 \pm 43,7^{*\text{¥}}$ (288,2 – 350,8)	$4,4 \pm 0,4^{*\text{¥}}$ (4,1 – 4,7)	$16,7 \pm 3,3^{*\text{¥}}$ (14,3 – 19,1)

Valores em média \pm DP (IC95%). * = $p < 0,05$ em relação aos não treinados. ¥ = $p < 0,05$ em relação aos recreacionais. FC = frequência cardíaca. QR = quociente respiratório. $\dot{V}O_{2MÁX}$ = consumo máximo de oxigênio.

Tabela 3.3 – Valores de tempo até a exaustão (t_{lim}) e equivalentes energéticos no esforço supramáximo à intensidade de 115% da $\dot{V}O_{2MÁX}$.

	Não treinados (n=18)	Recreacionais (n=27)	Treinados (n=10)	<i>F</i>	<i>p</i> -valor
t_{lim} (seg)	167,9 ± 31,1 (152,4 – 183,4)	188,7 ± 25,0 (178,8 – 198,6)	174,6 ± 36,9 (148,2 – 201,0)	2,85	0,067
W_{AER} (L)	5,34 ± 1,53 (4,58 – 6,10)	7,71 ± 1,87 (6,97 – 8,45)*	8,21 ± 2,84 (6,18 – 10,24)*	9,98	0,000
W_{AER} (%)	60,4 ± 4,9 (57,9 – 62,8)	64,3 ± 4,1 (62,7 – 65,9)*	65,8 ± 5,4 (61,9 – 69,6)*	5,81	0,005
$W_{[La]}$ (L)	2,19 ± 0,49 (1,95 – 2,43)	2,68 ± 0,63 (2,43 – 2,93)*	2,32 ± 0,35 (2,07 – 2,57)	4,75	0,013
$W_{[La]}$ (mL·kg ⁻¹)	29,7 ± 6,0 (26,7 – 32,7)	33,9 ± 5,7 (31,6 – 36,2)	32,5 ± 5,9 (28,3 – 36,7)	2,81	0,089
$[La^-]_{REPOUSO}$ (mmol·L ⁻¹)	1,1 ± 0,4 (0,9 – 1,3)	1,1 ± 0,3 (0,9 – 1,2)	1,2 ± 0,4 (0,9 – 0,4)	0,42	0,662
$[La^-]_{PICO}$ (mmol·L ⁻¹)	11,0 ± 1,9 (10,0 – 12,0)	12,3 ± 1,9 (11,6 – 13,1)	12,0 ± 1,9 (10,6 – 13,4)	2,67	0,079
$W_{[La]}$ (%)	25,3 ± 3,3 (23,6 – 26,9)	22,6 ± 3,4 (21,3 – 24,0)	19,8 ± 4,4 (16,6 – 23,0)*	7,81	0,001
W_{PCR} (L)	1,21 ± 0,26 (1,08 – 1,34)	1,54 ± 0,42 (1,37 – 1,70)	1,78 ± 0,84 (1,17 – 2,38)*	4,83	0,012
W_{PCR} (mL·kg ⁻¹)	16,4 ± 2,8 (15,0 – 17,8)	19,4 ± 3,7 (17,9 – 20,8)	24,4 ± 10,4 (16,9 – 31,9)* [¥]	7,25	0,002
A_1 (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	17,1 ± 2,3 (16,0 – 18,3)	20,0 ± 2,4 (19,1 – 21,0)*	24,7 ± 1,7 (23,5 – 25,9)* [¥]	36,45	0,000
τ_1 (min)	0,97 ± 0,17 (0,88 – 1,05)	0,97 ± 0,18 (0,90 – 1,04)	1,00 ± 0,47 (0,66 – 1,34)	0,06	0,944
W_{PCR} (%)	14,3 ± 3,4 9 (12,6 – 16,1)	13,0 ± 2,8 (11,9 – 14,1)	14,4 ± 3,8 (11,6 – 17,1)	1,16	0,323

Valores em Média ± DP (IC95%). * = $p < 0,05$ em relação aos não treinados. ¥ = $p < 0,05$ em relação aos recreacionais. W_{AER} = contribuição do metabolismo aeróbio. $W_{[La]}$ = contribuição do metabolismo glicolítico. $[La^-]$ = concentração de lactato. W_{PCR} = contribuição do metabolismo de fosfagênio. A_1 = amplitude 1. τ_1 = constante de tempo 1.

DISCUSSÃO

O principal achado do estudo foi verificar que o MAOD_{ALT} foi capaz de distinguir a capacidade anaeróbia entre indivíduos não treinados, recreacionalmente treinados e treinados, evidenciando uma sensibilidade em detectar alterações fisiológicas decorrentes do treinamento físico, confirmando a hipótese inicial.

No presente estudo eram esperados maiores valores de MAOD_{ALT} para indivíduos treinados em comparação aos indivíduos não treinados, que poderia reforçar a validade desse recente método para estimativa da capacidade anaeróbia. Scott et al. (1991) também investigaram a validade do MAOD determinado de modo convencional ao comparar os valores de MAOD de indivíduos não treinados (grupo controle), corredores de fundo, meio fundo e velocistas. Esses autores verificaram que os velocistas e os meio fundistas apresentaram valores maiores de MAOD em relação aos fundistas e ao grupo controle, sugerindo que a capacidade de discriminar indivíduos com diferentes níveis de treinamento confirmava o MAOD como um bom indicador de capacidade anaeróbia. No presente estudo os valores de MAOD_{ALT} foram maiores para os indivíduos recreacionalmente treinados e treinados quando comparados aos não treinados. No entanto, quando expressos em valores absolutos, a diferença dos valores de MAOD entre os grupos não treinados e treinados não foram estatisticamente diferentes.

A semelhança nos valores de MAOD dos grupos recreacionalmente treinados e treinados podem ser explicados pelas características dos sujeitos do estudo. Os sujeitos treinados do presente estudo não eram indivíduos treinados “anaerobiamente”, possivelmente sugerindo que a capacidade anaeróbia não seria um índice que discriminaria o nível de treinamento desses dois grupos. Os resultados dos índices aeróbios (i.e. $\dot{V}O_{2MÁX}$ e $i\dot{V}O_{2MÁX}$) (Tabela 3.2) fortalecem o argumento de que as variáveis aeróbias foram muito mais capazes de discriminar o nível de treinamento desses indivíduos do que a capacidade anaeróbia. Scott et al. (1991) verificaram que corredores fundistas apresentaram valores de MAOD semelhantes aos indivíduos não treinados ($56,1 \pm 10,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ e $56,9 \pm 5,1 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, respectivamente). Ainda, Gatin e Lawson (1994) também não verificaram diferenças no MAOD determinado em indivíduos não treinados e ciclistas treinados em *endurance*, similar aos resultados do presente estudo. Assim, mesmo que os indivíduos não tenham sido treinados “anaerobiamente”, o MAOD_{ALT} foi sensível em discriminar ciclistas treinados e não treinados.

As diferenças nas contribuições dos metabolismos também podem ser explicadas pelas diferentes características dos três grupos. Os grupos de ciclistas recreacionais e treinados apresentaram maiores valores para as contribuições dos metabolismos aeróbio e de fosfagênio.

No entanto, a contribuição do metabolismo glicolítico foi menor quando comparado ao grupo de indivíduos não treinados. Quando Scott et al. (1991) investigaram a influência de diferentes níveis de treinamento sobre o MAOD, também verificaram que corredores fundistas apresentaram valores médios de lactato cinco minutos após o esforço máximo menores do que corredores meio fundistas, velocistas e sujeitos não treinados, porém essa diferença não foi significativa. Isso poderia explicar a observação de que os indivíduos treinados no presente estudo apresentaram valores similares de contribuição glicolítica dos indivíduos não treinados.

No presente estudo nós observamos um aumento da contribuição do metabolismo de fosfagênio com o aumento do nível de treinamento, que foi devido a um aumento na amplitude 1, mas não na constante tempo 1. Essas diferenças não foram verificadas quando esses valores foram expressos em percentual e existem duas possíveis explicações. Primeiro, a maior contribuição do metabolismo de fosfagênio observado para o grupo de indivíduos treinados estaria relacionado à maior massa muscular dos indivíduos treinados e a capacidade de utilizar uma maior quantidade de energia advinda desse metabolismo. Tem sido demonstrado que o treinamento de endurance aumenta as concentrações de creatina fosfato no músculo (VAN DER VUSSE et al., 1989; GREEN et al., 1991) e também que poderia existir um possível mecanismo de regulação da respiração mitocondrial (WALSH et al., 2001; BERTUZZI; RUMENING-SOUZA, 2009). Segundo, essa diferença poderia estar relacionada à uma limitação da metodologia empregada, haja visto que a estimativa da contribuição do metabolismo de fosfagênio é baseada no produto entre a amplitude 1 e a constante tempo 1. Sendo assim, qualquer alteração em um desses parâmetros, como por exemplo a maior amplitude 1 observada em indivíduos treinados, poderia causar erros na estimativa da contribuição desse metabolismo.

Uma possível limitação do estudo foi não comparar os valores de MAOD_{ALT} de indivíduos treinados “anaerobiamente”, que poderiam demonstrar com mais clareza a capacidade de discriminar indivíduos com diferentes níveis de treinamento. No entanto, os participantes selecionados para o presente estudo, que foram ciclistas recreacionais e treinados, apresentaram resultados satisfatórios para verificar a capacidade do MAOD_{ALT} em discriminar indivíduos treinados e não treinados. Ainda mais, nós não mensuramos a capacidade anaeróbia por meio do procedimento convencional de MAOD, que poderia comprovar se realmente esses grupos apresentavam diferenças nesse índice fisiológico.

Portanto, podemos concluir que o MAOD_{ALT} parece ser sensível em discriminar indivíduos com diferentes níveis de treinamento em cicloergômetro.

6.4 Experimento 4

EFEITO DA INGESTÃO DE CAFEÍNA SOBRE O MAOD ESTIMADO POR MEIO DE UM ÚNICO ESFORÇO SUPRAMÁXIMO EM CICLOERGÔMETRO

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi verificar o efeito da ingestão aguda de cafeína sobre a estimativa da capacidade “anaeróbia” estimada pelo máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD) mensurado por meio de um único esforço supramáximo (MAOD_{ALT}); somatória das estimativas das contribuições energéticas do metabolismo glicolítico [$W_{[La]}$] e de fosfagênio [W_{PCR}]. Catorze ciclistas do sexo masculino (30 ± 6 anos) foram submetidos inicialmente ao teste incremental máximo para determinação do consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2MAX}$) e da intensidade associada ao $\dot{V}O_{2MAX}$ ($i\dot{V}O_{2MAX}$). Em seguida, foram submetidos a dois esforços supramáximos à intensidade de 115% da $i\dot{V}O_{2MAX}$ para determinação do MAOD_{ALT}, suplementando previamente com cafeína ($6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) ou placebo (dextrose), em um desenho cruzado, randômico, duplo-cego controlado por placebo. O tempo até a exaustão (t_{lim}) foi maior na condição cafeína ($186,6 \pm 29,8$ s) do que na condição placebo ($173,3 \pm 25,3$ s) ($p < 0,01$) e apresentaram significativas correlações ($r = 0,86$; $p < 0,001$). Não foram verificadas diferenças significativas nos valores de MAOD_{ALT} sob a condição de placebo ($4,06 \pm 0,83$ L e $55,2 \pm 5,7 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$) e cafeína ($4,00 \pm 0,76$ L e $54,6 \pm 5,4 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$), porém só foram observadas correlações significativas nos valores absolutos ($r = 0,74$; $p < 0,01$). A $W_{[La]}$ e W_{PCR} também não apresentaram diferenças significativas e foram significativamente correlacionadas. Conclui-se que a suplementação aguda de cafeína melhora o t_{lim} no esforço supramáximo, mas o MAOD_{ALT} permanece inalterado.

INTRODUÇÃO

O máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD) tem sido estimado por meio de um único esforço supramáximo (MAOD_{ALT}). O MAOD_{ALT} é um recente método que tem sido alvo de investigações sobre sua validade (BERTUZZI et al., 2010a) (Experimento 1), reprodutibilidade (Experimento 1) e possíveis associações com o desempenho anaeróbio (BERTUZZI et al., 2015) (Experimento 2), sendo baseado na somatória das estimativas das contribuições energéticas do metabolismo glicolítico ($W_{[La]}$) e de fosfagênio (W_{PCR}). A estimativa das contribuições do $W_{[La]}$ e W_{PCR} são calculadas pelo equivalente de oxigênio para o acúmulo de lactato (DI PRAMPERO; FERRETTI, 1999) e pelo componente rápido do consumo de oxigênio após o exercício (EPOC_{RÁPIDO}) (MARGARIA; EDWARDS; DILL, 1933), respectivamente.

No entanto, o potencial uso do MAOD_{ALT} para estimativa da capacidade anaeróbia no âmbito esportivo e científico ainda necessita de maiores investigações. Um dos fatores que deve ser levado em consideração é que, devido à dependência das concentrações de lactato e do EPOC_{RÁPIDO} para determinação do MAOD_{ALT}, qualquer intervenção que altere essas respostas poderia comprometer a confiabilidade do procedimento. Por exemplo, o MAOD_{ALT} melhorou após a suplementação aguda de bicarbonato de sódio, demonstrando sua sensibilidade em verificar as alterações causadas nas contrações de lactato (BRISOLA et al., 2015). No entanto, ainda não é conhecido se o MAOD_{ALT} é sensível a alterações causadas no EPOC, como é o caso da cafeína (ASTORINO et al., 2011).

A cafeína é uma substância regularmente utilizada como um recurso ergogênico que aumenta o tempo até a exaustão em esforços de alta intensidade. A ingestão aguda de cafeína tem demonstrado causar aumento no EPOC após treinamento resistido (ASTORINO et al., 2011). Ainda mais, a melhora no tempo até a exaustão no esforço supramáximo após a ingestão de cafeína poderia causar alterações nos valores de $\dot{V}O_2$ no momento de exaustão, influenciando a estimativa da W_{PCR} (GREEN; DAWSON, 1993). Em adição, alguns estudos demonstraram que a ingestão aguda de cafeína aumentou o tempo até a exaustão no esforço supramáximo e o MAOD determinado pelo método convencional (DOHERTY, 1998; BELL; JACOBS; ELLERINGTON, 2001; DOHERTY et al., 2002), com consequente aumento das concentrações de lactato pico (BELL; JACOBS; ELLERINGTON, 2001) ou não (DOHERTY, 1998; DOHERTY et al., 2002). Essas alterações nas concentrações de lactato poderiam causar alterações na estimativa da $W_{[La]}$ e consequentemente na determinação do MAOD_{ALT}. Desse modo, considerando os possíveis erros na determinação do MAOD_{ALT} que poderiam ser

causados por essas alterações na W_{PCR} e $W_{[La]}$, faz-se necessário investigar quais efeitos da ingestão aguda de cafeína sobre a estimativa de capacidade anaeróbia por meio desse protocolo

Portanto, o objetivo do presente estudo foi verificar o efeito da ingestão aguda de cafeína sobre a estimativa da capacidade “anaeróbia” estimada pelo $MAOD_{ALT}$ no cicloergômetro. A hipótese do estudo é que a cafeína possivelmente aumente o desempenho em esforço supramáximo realizado até a exaustão e conseqüentemente, influencie o comportamento do $EPOC_{RÁPIDO}$ ou as concentrações de lactato pico, alterando a determinação do $MAOD_{ALT}$ nessas condições.

METODOLOGIA

Sujeitos

Catorze ciclistas do sexo masculino, praticantes de *mountain biking*, participaram voluntariamente do estudo. Cinco sujeitos participavam de competições na modalidade em nível regional com experiência na modalidade de pelo menos 10 anos. Os outros nove sujeitos relataram experiência na modalidade de pelo menos 1 ano. A média do volume de treino semanal relatado por esses indivíduos foi de 203 ± 122 km por semana e uma frequência semanal de 3-6 vezes. A ingestão diária de cafeína foi estimada durante 3 dias previamente ao início dos procedimentos e foi reportado um consumo médio de $53,4 \pm 39,8$ mg·dia⁻¹. Um indivíduo foi excluído do estudo por apresentar alta ingestão diária de cafeína estimada (~ 780 mg·dia⁻¹). No entanto, todos os indivíduos foram instruídos a não ingerir nenhum tipo de alimento ou bebida que tivesse álcool ou cafeína (i.e. chás, café, refrigerantes, bebidas energéticas, chocolate e outros) pelo menos 24h antes de cada sessão. Ainda, as sessões de teste eram agendadas sempre no mesmo período do dia. As características dos sujeitos estão apresentadas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – características dos sujeitos do Experimento 4 (n= 14).

	Idade	Estatura	MC	MM*	MM-MI*	Gordura*
	(anos)	(cm)	(kg)	(kg)	(kg)	(%)
Média \pm DP	30 \pm 6	179,4 \pm 8,4	73,2 \pm 11,4	58,3 \pm 8,5	20,9 \pm 3,4	15,4 \pm 4,9

Valores em média \pm DP. MC= Massa corporal. MM= massa magra. MM-MI= massa magra de membros inferiores
*estimado pelo DXA (Discovery, Hologic, EUA).

Os sujeitos foram informados sobre os riscos e benefícios dos procedimentos e somente iniciaram as avaliações após consentimento por escrito. Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética da Universidade Estadual Paulista (Protocolo 645.784/2014) e foram conduzidos segundo a Declaração de Helsinki.

Desenho experimental

O desenho do estudo foi duplo cego, cruzado e controlado por placebo. A Figura 5.1 apresenta um diagrama do desenho do estudo. Inicialmente, os sujeitos foram submetidos ao teste incremental máximo para determinação do consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2MAX}$) e da intensidade associada ao $\dot{V}O_{2MAX}$ ($i\dot{V}O_{2MAX}$). Em seguida, foram submetidos a dois esforços supramáximos à intensidade de 115% da $i\dot{V}O_{2MAX}$ para determinação do $MAOD_{ALT}$, porém suplementando previamente cafeína ou placebo. As três sessões foram separadas por um período mínimo de 48h. Em todas as sessões o aquecimento foi padronizado à intensidade de 100 W com duração de 5 minutos.

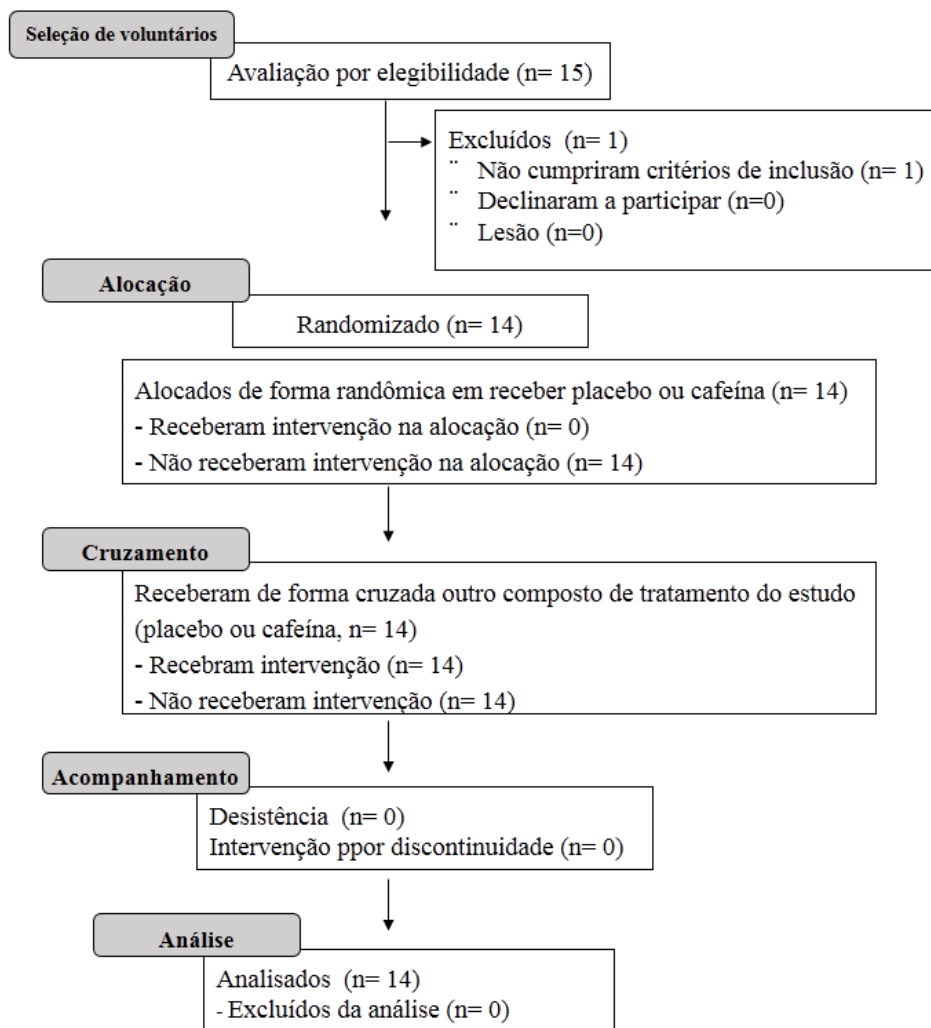


Figura 5.1 – Diagrama do desenho do estudo conduzido de modo duplo-cego, cruzado e controlado por placebo.

Todos os procedimentos foram realizados em cicloergômetro eletromagnético (*Lode-Excalibur*, Lode, Holanda) conforme descrito no item 5.1.

O consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$), frequência cardíaca (FC) e percepção subjetiva de esforço foram mensuradas conforme descrito no item 5.3.1, enquanto que a lactacidemia foi mensurada conforme descrito no item 5.3.2.

Teste incremental máximo

O teste incremental máximo foi utilizado para determinar o consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2MAX}$) e da intensidade associada ao $\dot{V}O_{2MAX}$ ($i\dot{V}O_{2MAX}$). O procedimento foi conduzido conforme descrito no item 5.4.1, exceto a intensidade inicial, que correspondeu a 100-150 W.

Suplementação de cafeína e esforços supramáximos

Nos esforços supramáximos, 1 h antes do início de cada esforço os sujeitos ingeriram $6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de cafeína (*Gemini Pharmaceutical Ingredients Industry Ltda*, Anápolis, GO, Brasil) ou placebo (dextrose, Neonutri, Minas Gerais, Brasil) de modo randomizada e duplo-cego. A cafeína e placebo foram acondicionadas em cápsulas de gel idênticas. A dosagem de cafeína utilizada foi escolhida por ser comprovadamente suficiente para causar alterações no consumo excessivo de oxigênio após o exercício (EPOC) (ASTORINO et al., 2011).

Os sujeitos foram submetidos aos esforços supramáximo à intensidade de 115% da $i\dot{V}O_{2\text{MAX}}$ para determinação do tempo até a exaustão (t_{lim}) e do MAOD_{ALT} , que foi determinado conforme descrito no item 5.4.5.

Em adição, a contribuição do metabolismo oxidativo (W_{AER}) foi estimada subtraindo os valores de $\dot{V}O_2$ de repouso da área de $\dot{V}O_2$ acumulado durante o esforço supramáximo usando o método trapezoidal.

Análise estatística

A análise estatística foi realizada conforme descrito no item 5.8.4.

RESULTADOS

A Tabela 4.2 apresenta os valores das respostas fisiológicas no momento de exaustão no teste incremental máximo. Todos os indivíduos atingiram os critérios para confirmação do $\dot{V}O_{2\text{MAX}}$.

Tabela 4.2 – Valores de frequência cardíaca (FC), quociente respiratório (QR), concentração de lactato pico ($[\text{La}^-]_{\text{PICO}}$), consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2\text{MAX}}$), intensidade associada ao $\dot{V}O_{2\text{MAX}}$ ($i\dot{V}O_{2\text{MAX}}$) e tempo total obtidos no teste incremental máximo (n= 14).

	FC (bpm)	QR	$[\text{La}^-]_{\text{PICO}}$ ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\dot{V}O_{2\text{MAX}}$ ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)	$i\dot{V}O_{2\text{MAX}}$ (W)	Tempo total (min)
Média ± DP	186,2 ± 8,3	1,21 ± 0,06	10,0 ± 1,9	52,8 ± 8,6	298,6 ± 48,4	14,5 ± 4,0
(IC95%)	(181,1 – 191,2)	(1,17 – 1,25)	(8,9 – 11,2)	(47,8 – 57,8)	(270,6 – 326,6)	(12,1 – 16,9)

A intensidade de 115% da aplicada nos esforços supramáximos foi de $335,2 \pm 49,7$ W (IC95%= 306,5 – 363,9 W). O t_{lim} no esforço supramáximo foi maior ($\Delta\% = +7,8\%$) na condição cafeína ($186,6 \pm 29,8$ s; IC95%= 169,4 – 203,9 s) do que na condição placebo ($173,3 \pm 25,3$ s; IC95%= 158,7 – 187,9 s) ($p < 0,01$) e apresentaram significativas correlações ($r = 0,86$; IC95%= 0,60 – 0,95; $p < 0,001$).

A Tabela 4.3 apresenta as variáveis de $\dot{V}O_2$ de exaustão, PSE, $MAOD_{ALT}$, W_{AER} , $W_{[La]}$ e W_{PCR} mensuradas no esforço supramáximo à intensidade de 115% da $i\dot{V}O_{2MAX}$ após a suplementação de cafeína e placebo. Não foram verificadas diferenças significativas nos valores de $MAOD_{ALT}$, porém somente foram observadas correlações significativas nos valores absolutos. O $\dot{V}O_2$ no momento de exaustão e a PSE não foram diferentes estatisticamente e apresentaram correlações significativas. A $W_{[La]}$ e W_{PCR} também não apresentaram diferenças significativas e foram significativamente correlacionadas. Somente a W_{AER} foi maior na condição cafeína quando comparada à condição placebo.

Tabela 4.3 - Valores de consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) de exaustão, percepção subjetiva de esforço (PSE), máximo déficit acumulado de oxigênio ($MAOD_{ALT}$) e equivalentes energéticos dos metabolismos mensurados à intensidade de 115% da $i\dot{V}O_{2MAX}$ após a suplementação de cafeína e placebo (n=14).

	Placebo	Cafeína	p-valor	$\Delta\%$	r de Pearson (IC95%)
$\dot{V}O_2$ Exaustão ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	51,2 ± 8,7 (46,2 – 56,2)	51,3 ± 8,5 (46,4 – 56,2)	0,753	+0,4	0,98 [¥] (0,95 – 0,99)
PSE	18 ± 2 (17 – 19)	18 ± 2 (17 – 19)	1,000	-0,3	0,83 [¥] (0,53 – 0,95)
$MAOD_{ALT}$ (L)	4,06 ± 0,83 (3,57 – 4,54)	4,00 ± 0,76 (3,56 – 4,44)	0,731	-0,3	0,74 [¥] (0,34 – 0,91)
$MAOD_{ALT}$ ($mL \cdot kg^{-1}$)	55,2 ± 5,7 (51,9 – 58,5)	54,6 ± 5,4 (51,5 – 57,7)	0,754	-0,3	0,12 (-0,44 – 0,61)
$MAOD_{ALT}$ ($mL \cdot kg^{-1}$ MM-MI)	194,1 ± 24,0 (180,2 – 207,9)	191,6 ± 19,5 (180,3 – 202,8)	0,708	0,3	0,40 (-0,17 – 0,77)
W_{AER} (L)	7,44 ± 2,68 (5,90 – 8,99)	8,15 ± 2,96 (6,44 – 9,86)*	0,014	+9,7	0,95 [¥] (0,84 – 0,98)
$W_{[La]}$ (L)	2,53 ± 0,59 (2,19 – 2,87)	2,55 ± 0,51 (2,25 – 2,84)	0,834	+2,5	0,82 [¥] (0,51 – 0,94)
$[La^-]_{REPOUSO}$ ($mmol \cdot L^{-1}$)	1,1 ± 0,4 (0,9 – 1,3)	1,2 ± 0,4 (1,0 – 1,5)	0,444	+16,1	0,17 (-0,39 – 0,64)
$[La^-]_{PICO}$ ($mmol \cdot L^{-1}$)	12,6 ± 1,5 (11,7 – 13,4)	12,8 ± 1,3 (12,0 – 13,9)	0,534	+2,8	0,52 (-0,00 – 0,82)
$\Delta[La^-]$ ($mmol \cdot L^{-1}$)	11,4 ± 1,6 (10,5 – 12,3)	11,6 ± 1,3 (10,8 – 12,3)	0,736	+2,4	0,49 (-0,05 – 0,81)
W_{PCR} (L)	1,53 ± 0,34 (1,33 – 1,73)	1,45 ± 0,42 (1,21 – 1,69)	0,448	-3,4	0,55* (0,02 – 0,82)
A_1 ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	21,8 ± 4,4 (19,3 – 24,4)	21,1 ± 6,5 (17,3 – 24,8)	0,607	-2,8	0,54* (0,01 – 0,83)
τ_1 (min)	0,98 ± 0,21 (0,86 – 1,11)	1,03 ± 0,54 (0,72 – 1,34)	0,768	+11,8	-0,17 (-0,64 – 0,39)

Valores em Média ± DP (IC95%). * = p<0,05. ¥ = p<0,01. W_{AER} = equivalente energético do metabolismo aeróbio. $W_{[La]}$ = equivalente energético do metabolismo glicolítico. $[La^-]$ = concentração de lactato. W_{PCR} = equivalente energético do metabolismo de fosfagênio. A_1 = amplitude 1. τ_1 = constant tempo 1.

DISCUSSÃO

O objetivo do estudo foi verificar o efeito da suplementação aguda de cafeína sobre o MAOD_{ALT}. O principal achado do presente estudo foi que a suplementação aguda de cafeína melhorou o tempo até a exaustão na intensidade de esforço supramáximo a 115% da $i\dot{V}O_{2MAX}$, mas não alterou o MAOD_{ALT}.

A suplementação aguda de cafeína tem mostrado efeito sobre o desempenho em esforços de alta intensidade e também sobre o MAOD (DOHERTY, 1998; BELL; JACOBS; ELLERINGTON, 2001). Bell, Jacobs e Ellerington (2001) verificaram uma melhora no tempo até a exaustão na intensidade de 125% da intensidade de $\dot{V}O_2$ pico e aumento de ~7% nos valores de MAOD após a suplementação de 5 mg·kg⁻¹ de cafeína em indivíduos não treinados. Corroborando com esses achados, Doherty (1998) também verificaram um aumento nos valores de MAOD (~10%) e tempo até a exaustão (~14%) em indivíduos treinados utilizando a mesma dosagem de cafeína. A explicação desses autores para a melhora nos valores de MAOD foram que esses resultados poderiam estar relacionados a um maior fluxo do metabolismo glicolítico, levando a uma alta produção e acúmulo de lactato. No entanto, Simmonds, Minahan e Sabapathy (2010) refutaram tal explicação devido à verificação de que o $\dot{V}O_2$ acumulado e déficit de oxigênio acumulado durante o esforço supramáximo foram iguais com a suplementação de cafeína (5 mg·kg⁻¹) e placebo quando calculados a partir do mesmo tempo de exaustão. Ainda, esses autores não verificaram diferenças na cinética do $\dot{V}O_2$ durante o esforço supramáximo, demonstrando que os maiores valores de MAOD não estavam relacionados à alteração na contribuição relativa dos metabolismos aeróbio e anaeróbio, mas que estariam mais relacionados ao maior tempo até a exaustão e conseqüentemente maior déficit. Contrariamente aos resultados desses autores, no presente estudo foi observado melhora no tempo até a exaustão, mas não nos valores de MAOD_{ALT}.

Essas diferenças entre os resultados encontrados na literatura e do presente estudo talvez possam ser explicados com base nos aspectos metodológicos envolvidos na determinação do MAOD e do MAOD_{ALT}. Medbø et al. (1988) sugeriram que o esforço supramáximo para determinação do MAOD deveria causar a exaustão com pelo menos dois minutos, devido a necessidade de atingir a capacidade máxima de produção de energia por meio das vias anaeróbias. Esses autores demonstraram o MAOD aumentava com o aumento do tempo até exaustão, atingindo um valor máximo constante a partir de intensidades supramáximas com tempo de exaustão de 2 minutos. Tanto o estudo de Bell, Jacobs e Ellerington (2001) quanto no

de Simmonds, Minahan e Sabapathy (2010) os valores médios do tempo de exaustão na condição placebo ($108,2 \pm 8,9$ s e $93,5 \pm 24,1$ s, respectivamente) foram menores do que o recomendado (i.e. 2-3 minutos) (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010), o que poderia ter causado a subestimação dos valores de MAOD na condição placebo e demonstrado um valor mais próximo do 'real' de MAOD na condição suplementado com cafeína devido ao aumento no tempo até a exaustão. No entanto, considerando os achados de Simmonds, Minahan e Sabapathy (2010) de que a cinética *on* do $\dot{V}O_2$ não é alterada com a suplementação de cafeína, o maior tempo de exaustão causa um aumento do déficit de oxigênio. No entanto, é importante ressaltar que o $MAOD_{ALT}$ não possui essas limitações porque é baseado na resposta lactacidemia e no $\dot{V}O_2$ após exercício.

Astorino et al. (2011) verificaram que a suplementação aguda de cafeína alterou a magnitude do EPOC após uma sessão de exercícios resistidos. No entanto, esses autores analisaram a área sobre curva do EPOC, enquanto que no presente estudo foi analisado o comportamento do $EPOC_{RÁPIDO}$, que é utilizado para estimativa da contribuição do metabolismo de fosfagênio (BERTUZZI et al., 2010a; BRISOLA et al., 2015). É importante ressaltar que independentemente do método de análise do EPOC, as variáveis provenientes do ajuste matemático (i.e. A_1 e τ_1) para determinação W_{PCR} não foram estatisticamente diferentes, mantendo inalterado os valores de $MAOD_{ALT}$. Sendo assim, considerando que o efeito da cafeína não parece estar relacionado a um maior suprimento de energia “anaeróbia” e que um possível aumento ou diminuição da W_{PCR} na condição cafeína não seria sensato, o $EPOC_{RÁPIDO}$ não parece ser influenciado por esse ergogênico.

Os mecanismos que explicam a melhora no *time* após a suplementação de cafeína ainda são inconclusivos. As possíveis explicações podem estar relacionadas ao efeito da cafeína sobre a estimulação do sistema nervoso central, melhora na transmissão neuromuscular e melhora na contratilidade da fibra muscular (DOHERTY, 1998). Simmonds, Minahan e Sabapathy (2010) sugeriram que a cafeína pode atenuar a fadiga pela manutenção da homeostase eletrolítica nos estágios iniciais do exercício, mantendo a concentração intracelular de K^+ e a melhora nos potenciais de ação da membrana, que permitiria a contração muscular e a realização do exercício por um período maior antes do início da fadiga. No entanto, no presente estudo nós não investigamos os fatores que poderiam explicar esses mecanismos.

Uma possível limitação do estudo foi não analisar a cinética do $\dot{V}O_2$, que poderia explicar em parte a melhora no desempenho no esforço supramáximo a 115% da $i\dot{V}O_{2MAX}$ e os valores inalterados de $MAOD_{ALT}$. Ainda mais, nós não realizamos uma análise relacionada ao

efeito da cafeína sobre o acúmulo de metabólitos como as concentrações intracelulares de K^+ e nem uma análise para explicar os mecanismos relacionados ao efeito da cafeína sobre a estimulação do sistema nervoso central, que poderiam contribuir no esclarecimento das questões levantadas.

Portanto, conclui-se que a suplementação aguda de cafeína melhora o tempo até a exaustão no esforço supramáximo, mas o $MAOD_{ALT}$ permanece inalterado.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do presente estudo foi investigar a validade, reprodutibilidade e sensibilidade do MAOD_{ALT}. Com base nos achados dos experimentos realizados, as considerações finais da presente dissertação foram que:

O MAOD_{ALT} é um procedimento válido para estimativa do MAOD_C, mas parece sofrer influência da intensidade supramáxima utilizada para sua determinação. O MAOD_{ALT} determinado a partir da intensidade de 115% da $\dot{V}O_{2MAX}$ foi similar e apresentou alta concordância com o MAOD convencional, além de ser reprodutível, sugerindo que esse protocolo parece ser uma ferramenta confiável para estimativa da capacidade anaeróbia quando expresso em valores absolutos.

As validações de protocolos de avaliação do metabolismo anaeróbio são consideradas complexas devido à inexistência de uma metodologia capaz de mensurar diretamente a energia produzida por esse metabolismo. Por este motivo, a validação indireta parece ser uma alternativa para esses procedimentos. O MAOD_{ALT}, quando expressos em valores absolutos, apresenta moderada associação com as variáveis de potência média e trabalho total obtidas no teste máximo de 30 segundos (i.e. teste de *Wingate*), que são índices associados ao metabolismo anaeróbio, fortalecendo a ideia de que esse procedimento corresponde a um índice de capacidade anaeróbia.

Nesse sentido, a capacidade de tal procedimento em discriminar indivíduos com diferentes níveis de treinamento também é um fator importante para fortalecer a utilização do protocolo. O MAOD_{ALT} foi capaz de distinguir indivíduos treinados recreacionalmente de indivíduos não treinados, sugerindo que o protocolo parece ser sensível em detectar tais diferenças.

E por fim, a suplementação aguda de cafeína melhorou o desempenho no *tlim* do esforço supramáximo, mas o MAOD_{ALT} não foi modificado. No entanto, é bem conhecido que esse recurso melhora o desempenho físico e causa alterações nas respostas dos marcadores fisiológicos utilizados para determinação do MAOD_{ALT} (i.e. EPOC_{CRÁPIDO} e $[La^-]$) e sendo assim, sugere-se cautela na utilização desse protocolo nessas condições.

8 LIMITAÇÃO GERAL DO PROCEDIMENTO

As principais limitações do protocolo de MAOD_{ALT} estão relacionadas às estimativas dos metabolismo de fosfagênio e glicolítico por meio do EPOC_{RÁPIDO} e das concentrações de lactato, respectivamente.

A utilização do EPOC_{RÁPIDO} para estimativa do metabolismo de fosfagênio tem sido questionado devido ao fato de que uma parte desses valores poderia ser atribuído à reposição dos estoques de oxigênio e também uma possível dependência do consumo de oxigênio no momento de exaustão (GREEN; DAWSON, 1993). No entanto, a mensuração do EPOC_{RÁPIDO} tem demonstrado ser confiável (ROBERTS; MORTON, 1978) e sua semelhante relação temporal com a cinética de restauração da creatina fosfato fortalecem sua utilização para estimativa do metabolismo de fosfagênio (BERTUZZI; RUMENING-SOUZA, 2009).

A estimativa da contribuição do metabolismo glicolítico é baseada no equivalente energético de oxigênio para o acúmulo de lactato sanguíneo (DI PRAMPERO; FERRETTI, 1999). No entanto, é importante assumir as limitações de que o lactato sanguíneo pode não representar exatamente o lactato produzido nos músculos, assim como os processos de oxidação do lactato podem ser negligenciados e sendo assim, poderia comprometer a estimativa do metabolismo glicolítico por esse marcador fisiológico (GREEN; DAWSON, 1993; GASTIN, 1994).

9 CONCLUSÃO

Conclui-se que o $MAOD_{ALT}$ avaliado em cicloergômetro é um procedimento válido e reprodutível para estimativa do $MAOD_C$, apresenta associação com parâmetros de desempenho anaeróbio, é sensível em discriminar indivíduos treinados recreacionalmente de indivíduos não treinados e permanece inalterado após a suplementação aguda de cafeína. No entanto, os melhores resultados foram encontrados quando os valores de $MAOD_{ALT}$ foram expressos em valores absolutos.

REFERÊNCIAS

- ASTORINO, T. A.; MARTIN, B. J.; WONG, K.; SCHACHTSIEK, L. Effect of acute caffeine ingestion on EPOC after intense resistance training. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 51, n. 1, p. 11-17, 2011.
- BANGSBO, J. Oxygen deficit: a measure of the anaerobic energy production during intense exercise? **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 21, n. 5, p. 350-363; discussion 364-359, 1996.
- BAR-OR, O. The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. **Sports Medicine**, v. 4, n. 6, p. 381-394, 1987.
- BELL, D. G.; JACOBS, I.; ELLERINGTON, K. Effect of caffeine and ephedrine ingestion on anaerobic exercise performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 33, n. 8, p. 1399-1403, 2001.
- BENEKE, R.; POLLMANN, C.; BLEIF, I.; LEITHAUSER, R. M.; HUTLER, M. How anaerobic is the Wingate Anaerobic Test for humans? **European Journal of Applied Physiology**, v. 87, n. 4-5, p. 388-392, 2002.
- BENEKE, R. Methodological aspects of maximal lactate steady state-implications for performance testing. **European Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 1, p. 95-99, 2003.
- BENEKE, R.; BEYER, T.; JACHNER, C.; ERASMUS, J.; HUTLER, M. Energetics of karate kumite. **European Journal of Applied Physiology**, v. 92, n. 4-5, p. 518-523, 2004.
- BERTUZZI, R.; KISS, M. A. P. D. M.; DAMASCENO, M.; OLIVEIRA, R. S. F.; LIMA-SILVA, A. E. Association between anaerobic components of the maximal accumulated oxygen deficit and 30-second Wingate test. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 48, n. 3, p. 261-266, 2015.
- BERTUZZI, R. C.; FRANCHINI, E.; KOKUBUN, E.; KISS, M. A. Energy system contributions in indoor rock climbing. **European Journal of Applied Physiology**, v. 101, n. 3, p. 293-300, 2007.
- BERTUZZI, R. C.; FRANCHINI, E.; UGRINOWITSCH, C.; KOKUBUN, E.; LIMA-SILVA, A. E.; PIRES, F. O.; NAKAMURA, F. Y.; KISS, M. A. Predicting MAOD using only a supramaximal exhaustive test. **International Journal of Sports Medicine**, v. 31, n. 7, p. 477-481, 2010a.
- BERTUZZI, R. C. D. M.; SILVA, A. E. L.; PIRES, F. D. O.; KISS, M. A. P. D. M. Déficit Máximo de Oxigênio: Uma breve revisão histórica e metodológica. **Revista da Educação Física/UEM**, v. 19, n. 1, p. 131-144, 2008.
- BERTUZZI, R. C. D. M.; SILVA, A. E. L.; PIRES, F. D. O.; KISS, M. A. P. D. M. Determinação visual do componente rápido do excesso do consumo de oxigênio após o exercício. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 16, n. 2, p. 139-143, 2010b.

BERTUZZI, R. C. M.; RUMENING-SOUZA, E. Resposta cinética do consumo de oxigênio: Relação entre metabolismo aeróbio e ATP-CP. **Arquivos em movimento**, v. 5, n. 1, p. 20, 2009.

BICKHAM, D.; LE ROSSIGNOL, P.; GIBBONS, C.; RUSSELL, A. P. Re-assessing accumulated oxygen deficit in middle-distance runners. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 5, n. 4, p. 372-382, 2002.

BILLAT, L. V.; KORALSZTEIN, J. P. Significance of the velocity at VO₂max and time to exhaustion at this velocity. **Sports Medicine**, v. 22, n. 2, p. 90-108, 1996.

BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet**, v. 1, n. 8476, p. 307-310, 1986.

BORG, G. Ratings of perceived exertion and heart rates during short-term cycle exercise and their use in a new cycling strength test. **International Journal of Sports Medicine**, v. 3, n. 3, p. 153-158, 1982.

BORSHEIM, E.; BAHR, R. Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. **Sports Medicine**, v. 33, n. 14, p. 1037-1060, 2003.

BORTOLOTTI, H.; ALTIMARI, L. R.; NAKAMURA, F. Y.; FONTES, E. B.; OKANO, A. H.; CHACON-MIKAHIL, M. P. T.; MORAES, A. C.; CYRINO, E. S. Determinação do máximo déficit acumulado de oxigênio: efeito da duração dos testes submáximos para predição da demanda de oxigênio. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 16, n. 6, p. 445-449, 2010.

BRISOLA, G. M.; MIYAGI, W. E.; DA SILVA, H. S.; ZAGATTO, A. M. Sodium bicarbonate supplementation improved MAOD but is not correlated with 200- and 400-m running performances: a double-blind, crossover, and placebo-controlled study. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 40, n. 9, p. 931-937, 2015.

BUCK, D.; MCNAUGHTON, L. Maximal accumulated oxygen deficit must be calculated using 10-min time periods. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 31, n. 9, p. 1346-1349, 1999.

BUCK, D.; MCNAUGHTON, L. R. Changing the number of submaximal exercise bouts effects calculation of MAOD. **International Journal of Sports Medicine**, v. 20, n. 1, p. 28-33, 1999.

BURNLEY, M.; JONES, A. M. Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance. **European Journal of Sport Science**, v. 7, n. 2, p. 63-79, 2007.

BUSSWEILER, J.; HARTMANN, U. Energetics of basic karate kata. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 12, p. 3991-3996, 2012.

CAMPOS, F. A.; BERTUZZI, R.; DOURADO, A. C.; SANTOS, V. G.; FRANCHINI, E. Energy demands in taekwondo athletes during combat simulation. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 4, p. 1221-1228, 2012.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates, 1988. xxi, 567 p. p.

CRAIG, I. S.; MORGAN, D. W. Relationship between 800-m running performance and accumulated oxygen deficit in middle-distance runners. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 30, n. 11, p. 1631-1636, 1998.

CRAIG, N. P.; NORTON, K. I.; BOURDON, P. C.; WOOLFORD, S. M.; STANEF, T.; SQUIRES, B.; OLDS, T. S.; CONYERS, R. A.; WALSH, C. B. Aerobic and anaerobic indices contributing to track endurance cycling performance. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 67, n. 2, p. 150-158, 1993.

CRAIG, N. P.; NORTON, K. I.; CONYERS, R. A.; WOOLFORD, S. M.; BOURDON, P. C.; STANEF, T.; WALSH, C. B. Influence of test duration and event specificity on maximal accumulated oxygen deficit of high performance track cyclists. **International Journal of Sports Medicine**, v. 16, n. 8, p. 534-540, 1995.

DAL PUPO, J.; ARINS, F. B.; ANTONACCI GUGLIELMO, L. G.; ROSENDO DA SILVA, R. C.; MORO, A. R.; DOS SANTOS, S. G. Physiological and neuromuscular indices associated with sprint running performance. **Research in Sports Medicine**, v. 21, n. 2, p. 124-135, 2013.

DE PAUW, K.; ROELANDS, B.; CHEUNG, S. S.; DE GEUS, B.; RIETJENS, G.; MEEUSEN, R. Guidelines to classify subject groups in sport-science research. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 8, n. 2, p. 111-122, 2013.

DEGOUTTE, F.; JOUANEL, P.; BEGUE, R. J.; COLOMBIER, M.; LAC, G.; PEQUIGNOT, J. M.; FILAIRE, E. Food restriction, performance, biochemical, psychological, and endocrine changes in judo athletes. **International Journal of Sports Medicine**, v. 27, n. 1, p. 9-18, 2006.

DI PRAMPERO, P. E. Energetics of muscular exercise. **Reviews of Physiology, Biochemistry and Pharmacology**, v. 89, p. 143-222, 1981.

DI PRAMPERO, P. E.; FERRETTI, G. The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts. **Respiration Physiology**, v. 118, n. 2-3, p. 103-115, 1999.

DOHERTY, M. The effects of caffeine on the maximal accumulated oxygen deficit and short-term running performance. **International Journal of Sport Nutrition**, v. 8, n. 2, p. 95-104, 1998.

DOHERTY, M.; SMITH, P. M.; DAVISON, R. C.; HUGHES, M. G. Caffeine is ergogenic after supplementation of oral creatine monohydrate. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 34, n. 11, p. 1785-1792, 2002.

DOHERTY, M.; SMITH, P. M. The reliability of cycling maximal accumulated oxygen deficit (MAOD) and time to exhaustion (T(lim)) in untrained subjects. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 33, n. 10, p. 1794-1795, 2001.

DORIA, C.; VEICSTEINAS, A.; LIMONTA, E.; MAGGIONI, M. A.; ASCHIERI, P.; EUSEBI, F.; FANO, G.; PIETRANGELO, T. Energetics of karate (kata and kumite techniques) in top-level athletes. **European Journal of Applied Physiology**, v. 107, n. 5, p. 603-610, 2009.

FARIA, E. W.; PARKER, D. L.; FARIA, I. E. The science of cycling: physiology and training - part 1. **Sports Medicine**, v. 35, n. 4, p. 285-312, 2005.

FRIEDMANN, B.; FRESE, F.; MENOLD, E.; BARTSCH, P. Effects of acute moderate hypoxia on anaerobic capacity in endurance-trained runners. **European Journal of Applied Physiology**, v. 101, n. 1, p. 67-73, 2007.

GAESSER, G. A.; BROOKS, G. A. Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 16, n. 1, p. 29-43, 1984.

GASTIN, P. B.; LAWSON, D. L. Influence of training status on maximal accumulated oxygen deficit during all-out cycle exercise. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 69, n. 4, p. 321-330, 1994.

GASTIN, P. B. Quantification of anaerobic capacity. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 4, n. 2, p. 91-112, 1994.

GRAHAM, T. E. Oxygen deficit: introduction to the assumptions and the skepticism. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 21, n. 5, p. 347-349, 1996.

GREEN, S.; DAWSON, B. Measurement of anaerobic capacities in humans. Definitions, limitations and unsolved problems. **Sports Medicine**, v. 15, n. 5, p. 312-327, 1993.

GREEN, S. A definition and systems view of anaerobic capacity. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 69, n. 2, p. 168-173, 1994.

GREEN, H. J.; JONES, S.; BALL-BURNETT, M. E.; SMITH, D.; LIVESEY, J.; FARRANCE, B. W. Early muscular and metabolic adaptations to prolonged exercise training in humans. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 70, n. 5, p. 2032-2038, 1991.

HART, N. H.; NIMPHIUS, S.; COCHRANE, J. L.; NEWTON, R. U. Leg mass characteristics of accurate and inaccurate kickers--an Australian football perspective. **Journal of Sports Science**, v. 31, n. 15, p. 1647-1655, 2013.

HILL, D. W. Determination of accumulated O₂ deficit in exhaustive short-duration exercise. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 21, n. 1, p. 63-74, 1996.

HILL, D. W.; DAVEY, K. M.; STEVENS, E. C. Maximal accumulated O₂ deficit in running and cycling. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 27, n. 5, p. 463-478, 2002.

HILL, D. W.; VINGREN, J. L. Maximal accumulated oxygen deficit in running and cycling. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 36, n. 6, p. 831-838, 2011.

HILL, D. W.; VINGREN, J. L. The effect of pedalling cadence on maximal accumulated oxygen deficit. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 7, p. 2637-2643, 2012.

HOWLEY, E. T.; BASSETT, D. R., JR.; WELCH, H. G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 27, n. 9, p. 1292-1301, 1995.

JACOBS, I.; BLEUE, S.; GOODMAN, J. Creatine ingestion increases anaerobic capacity and maximum accumulated oxygen deficit. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 22, n. 3, p. 231-243, 1997.

JUEL, C.; HALESTRAP, A. P. Lactate transport in skeletal muscle - role and regulation of the monocarboxylate transporter. **The Journal of Physiology**, v. 517 (Pt 3), p. 633-642, 1999.

KROGH, A.; LINDHARD, J. The changes in respiration at the transition from work to rest. **The Journal of Physiology**, v. 53, n. 6, p. 431-439, 1920.

LIMA, M. C.; RIBEIRO, L. F.; PAPOTI, M.; SANTIAGO, P. R.; CUNHA, S. A.; MARTINS, L. E.; GOBATTO, C. A. A semi-tethered test for power assessment in running. **International Journal of Sports Medicine**, v. 32, n. 7, p. 529-534, 2011.

MARGARIA, R.; EDWARDS, H. T.; DILL, D. B. The possible mechanisms of contracting and paying the oxygen debt and the role of lactic acid in muscular contraction. **American Journal of Physiology**, v. 106, n. 3, p. 689-715, 1933.

MEDBO, J. I.; MOHN, A. C.; TABATA, I.; BAHR, R.; VAAGE, O.; SEJERSTED, O. M. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 64, n. 1, p. 50-60, 1988.

MEDBO, J. I. Is the maximal accumulated oxygen deficit an adequate measure of the anaerobic capacity? **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 21, n. 5, p. 370-383; discussion 384-378, 1996.

MELLO, F. C.; BERTUZZI, R. C.; GRANGEIRO, P. M.; FRANCHINI, E. Energy systems contributions in 2,000 m race simulation: a comparison among rowing ergometers and water. **European Journal of Applied Physiology**, v. 107, n. 5, p. 615-619, 2009.

MILIONI, F.; MALTA EDE, S.; ROCHA, L. G.; MESQUITA, C. A.; DE FREITAS, E. C.; ZAGATTO, A. M. Acute administration of high doses of taurine does not substantially improve high-intensity running performance and the effect on maximal accumulated oxygen deficit is unclear. **Applied Physiology and Nutrition Metabolism**, v. 41, n. 5, p. 498-503, 2016.

MINAHAN, C.; CHIA, M.; INBAR, O. Does power indicate capacity? 30-s Wingate anaerobic test vs. maximal accumulated O₂ deficit. **International Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 10, p. 836-843, 2007.

NOORDHOF, D. A.; DE KONING, J. J.; FOSTER, C. The maximal accumulated oxygen deficit method: a valid and reliable measure of anaerobic capacity? **Sports Medicine**, v. 40, n. 4, p. 285-302, 2010.

OUTLAW, J. J.; WILBORN, C. D.; SMITH-RYAN, A. E.; HAYWARD, S. E.; URBINA, S. L.; TAYLOR, L. W.; FOSTER, C. A. Effects of a pre-and post-workout protein-carbohydrate supplement in trained crossfit individuals. **Springerplus**, v. 3, p. 369, 2014.

OZYENER, F.; ROSSITER, H. B.; WARD, S. A.; WHIPP, B. J. Influence of exercise intensity on the on- and off-transient kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. **The Journal of Physiology**, v. 533, n. Pt 3, p. 891-902, 2001.

PELUSO, M. A. M. **Alterações de humor associadas a atividade física intensa**. (Tese de Doutorado). Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

PYNE, D. B.; LEE, H.; SWANWICK, K. M. Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 33, n. 2, p. 291-297, 2001.

RAMSBOTTOM, R.; NEVILL, A. M.; NEVILL, M. E.; NEWPORT, S.; WILLIAMS, C. Accumulated oxygen deficit and short-distance running performance. **Journal of Sports Science**, v. 12, n. 5, p. 447-453, 1994.

ROBERGS, R. A.; GHIASVAND, F.; PARKER, D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. **American Journal of Physiology, Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 287, n. 3, p. R502-516, 2004.

ROBERTS, A. D.; MORTON, A. R. Total and alactic oxygen debts after supramaximal work. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 38, n. 4, p. 281-289, 1978.

ROWNTREE, D. **Statistics without tears : a primer for non-mathematicians**. London: Penguin Books, 1991.

RUSSELL, A. P.; ROSSIGNOL, P.; SNOW, R.; LO, S. Cycling at 120 when compared to 80 rev/min increases the accumulated oxygen deficit but does not affect the precision of its calculation. **Journal of Exercise Physiology**, v. 5, p. 32-38, 2002.

SCOTT, C. B.; ROBY, F. B.; LOHMAN, T. G.; BUNT, J. C. The maximally accumulated oxygen deficit as an indicator of anaerobic capacity. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 23, n. 5, p. 618-624, 1991.

SIMMONDS, M. J.; MINAHAN, C. L.; SABAPATHY, S. Caffeine improves supramaximal cycling but not the rate of anaerobic energy release. **European Journal of Applied Physiology**, v. 109, n. 2, p. 287-295, 2010.

SIMOES, H. G.; CAMPBELL, C. S.; KUSHNICK, M. R.; NAKAMURA, A.; KATSANOS, C. S.; BALDISSERA, V.; MOFFATT, R. J. Blood glucose threshold and the metabolic responses to incremental exercise tests with and without prior lactic acidosis induction. **European Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 6, p. 603-611, 2003.

SLONIGER, M. A.; CURETON, K. J.; PRIOR, B. M.; EVANS, E. M. Anaerobic capacity and muscle activation during horizontal and uphill running. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 83, n. 1, p. 262-269, 1997.

TABATA, I.; NISHIMURA, K.; KOUZAKI, M.; HIRAI, Y.; OGITA, F.; MIYACHI, M.; YAMAMOTO, K. Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent

training on anaerobic capacity and VO₂max. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 28, n. 10, p. 1327-1330, 1996.

TEGTBUR, U.; BUSSE, M. W.; BRAUMANN, K. M. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 25, n. 5, p. 620-627, 1993.

URSO, R. P.; SILVA-CAVALCANTE, M. D.; CORREIA-OLIVEIRA, C. R.; BUENO, S.; DAMASCENO, M. V.; LIMA-SILVA, A. E.; BERTUZZI, R. Determinação dos metabolismos láctico e alático da capacidade anaeróbia por meio do consumo de oxigênio. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 15, p. 616-627, 2013.

VAN DER VUSSE, G. J.; JANSSEN, G. M.; COUMANS, W. A.; KUIPERS, H.; DOES, R. J.; TEN HOOR, F. Effect of training and 15-, 25-, and 42-km contests on the skeletal muscle content of adenine and guanine nucleotides, creatine phosphate, and glycogen. **International Journal of Sports Medicine**, v. 10 Suppl 3, p. S146-152, 1989.

WALSH, B.; TONKONOGLI, M.; SODERLUND, K.; HULTMAN, E.; SAKS, V.; SAHLIN, K. The role of phosphorylcreatine and creatine in the regulation of mitochondrial respiration in human skeletal muscle. **Journal of Physiology**, v. 537, n. Pt 3, p. 971-978, 2001.

WEBER, C. L.; SCHNEIDER, D. A. Maximal accumulated oxygen deficit expressed relative to the active muscle mass for cycling in untrained male and female subjects. **European Journal of Applied Physiology**, v. 82, n. 4, p. 255-261, 2000.

WEBER, C. L.; SCHNEIDER, D. A. Reliability of MAOD measured at 110% and 120% of peak oxygen uptake for cycling. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 33, n. 6, p. 1056-1059, 2001.

WEBER, C. L.; SCHNEIDER, D. A. Increases in maximal accumulated oxygen deficit after high-intensity interval training are not gender dependent. **Journal of Applied Physiology** (1985), v. 92, n. 5, p. 1795-1801, 2002.

WEIR, J. P. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 1, p. 231-240, 2005.

ZAGATTO, A.; REDKVA, P.; LOURES, J.; KALVA FILHO, C.; FRANCO, V.; KAMINAGAKURA, E.; PAPOTI, M. Anaerobic contribution during maximal anaerobic running test: correlation with maximal accumulated oxygen deficit. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 21, n. 6, p. e222-230, 2011.

ZAGATTO, A. M.; GOBATTO, C. A. Relationship between anaerobic parameters provided from MAOD and critical power model in specific table tennis test. **International Journal of Sports Medicine**, v. 33, n. 8, p. 613-620, 2012.

ZAGATTO, A. M.; DE MELLO LEITE, J. V.; PAPOTI, M.; BENEKE, R. Energetics of Table Tennis and Table Tennis Specific Exercise Testing. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, no prelo, 2016.

ZEMKOVÁ, E.; HAMAR, D. "All-out" tethered running as an alternative to wingate anaerobic test. **Kinesiology**, v. 36, n. 2, p. 165-172, 2004.

ZUPAN, M. F.; ARATA, A. W.; DAWSON, L. H.; WILE, A. L.; PAYN, T. L.; HANNON, M. E. Wingate Anaerobic Test peak power and anaerobic capacity classifications for men and women intercollegiate athletes. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 9, p. 2598-2604, 2009.

ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Estudo 1)

Título do Projeto: Determinação do déficit máximo de oxigênio acumulado por meio de uma única sessão de esforço supramáximo: análise da reprodutibilidade, influência do ergômetro e intensidade de esforço.

Você está sendo convidado a participar em uma pesquisa. Você precisa decidir se quer participar ou não. Por favor, não se apresse em tomar a decisão. Leia cuidadosamente o que se segue e pergunte ao responsável pelo estudo qualquer dúvida que você tiver. Este estudo está sendo conduzido por Prof. Dr. Alessandro Moura Zagatto.

A finalidade deste estudo é investigar a validade de um procedimento de avaliação da aptidão anaeróbia em exercício realizado em corrida na esteira rolante e cicloergômetro, que pode a partir dos resultados, ser amplamente utilizado na avaliação da população em geral.

No estudo, para uma caracterização dos participantes, só serão utilizados indivíduos do sexo masculino, com idade entre 18 e 30 anos.

Poderão participar deste estudo pessoas moderadamente ativas, que não apresentam hábito regulares de consumo de bebidas alcoólicas, tabagismo, doenças crônicas degenerativas ou patologias cardíacas.

Não poderão participar do estudo pessoas com nível de atividade física caracterizada como treinadas/atletas; que apresentam qualquer tipo de patologia ou a inabilidade em executar exercícios; pessoas com idade inferior a 18 anos e superior a 30 anos; consumidores regulares de bebidas alcoólica e/ou cigarros; ou que estejam ingerindo medicamentos que possa afetar o desempenho físico.

Você participante terá que realizar no estudo um exercício incremental máximo, nove exercícios exaustivos em esteira rolante e/ou cicloergômetro e dez exercícios em intensidades submáximas. Assim, os exercícios submáximos serão utilizados como aquecimento, sendo no total, nove visitas ao laboratório. Você será requisitado para a análise da frequência cardíaca por meio de um relógio que realiza essa função; o consumo de oxigênio por meio de uma máscara para analisar os gases respirados durante o exercício; e também coleta uma pequena amostra de sangue (aproximadamente 1 gota de sangue) do lóbulo da orelha. Todos esses procedimentos serão aplicados por um profissional capacitado e experiente, e todos os equipamentos utilizados para a coleta do material biológico é esterilizado, enquanto que no caso da coleta do material sanguíneo, todos os materiais são descartáveis e inutilizados após o uso individual.

Sabemos que esses procedimentos são aplicados rotineiramente em outras pesquisas e na prescrição de exercícios, sendo que o exercício a ser realizado é similar a qualquer atividade realizada na sua rotina de prática esportiva.

Os riscos dos testes são aqueles inerentes a qualquer prática de exercícios físicos extenuantes, riscos estes que podem ser esclarecidos pelo responsável da pesquisa.

Apesar de raro, há possibilidade de alterações orgânicas durante a realização de qualquer tipo de teste de esforço que podem ser respostas atípicas de pressão arterial, arritmias, desmaios, tonturas e outros. Portanto, profissionais qualificados estarão à disposição para tais eventualidades.

Você irá realizar nove visitas ao laboratório para realização dos testes, possuindo a duração aproximada de 1 hora em cada visita. O período máximo destinado para a realização dessas sessões será de três semanas.

Uma estimativa inicial do total de participantes no estudo é de 15 indivíduos.

Na coleta de amostra de sangue do lóbulo da orelha, você poderá sentir uma ligeira dor no local da picada da agulha, ou mesmo sensação de ardência ou leve dor na realização dos exercícios. Como mencionado anteriormente, todos os cuidados são tomados em relação aos materiais utilizados e aos procedimentos do estudo.

Para a realização dos procedimentos, as datas e horários serão previamente agendados conforme a sua disponibilidade para não prejudicar sua rotina de trabalho ou estudo.

Se você concordar em participar do estudo, seu nome e identidade serão mantidos em sigilo. A menos que requerido por lei, somente o pesquisador, a equipe do estudo e os representantes do Comitê de Ética (caso necessário) terão acesso a suas informações para verificar as informações do estudo.

Para perguntas ou problemas referentes ao estudo ligue para (14) 3103-6082 / Ramal 7991 (Prof. Dr. Alessandro Moura Zagatto). Para perguntas sobre seus direitos como participante no estudo chame o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Ciências da UNESP campus de Bauru.

Sua participação no estudo é voluntária e não será remunerada. Você pode escolher não fazer parte do estudo ou mesmo poderá retirar seu consentimento a qualquer momento mesmo com o estudo em andamento. No caso de desistência, você não perderá qualquer benefício ao qual você tem direito e nem será proibido de participar de novos estudos. Você poderá ser solicitado a sair do estudo se não cumprir os procedimentos previstos ou atender as exigências estipuladas.

Ainda, não haverá nenhum custo para você, voluntário, nos procedimentos aplicados e ao final da sua participação você receberá um relatório com os resultados mais importantes para seu uso na prática de exercício físico.

Após a assinatura desse termo e do consentimento em participar da pesquisa, você receberá uma via assinada deste que ficará sob a sua posse.

Declaro que li e entendi este formulário de consentimento e todas as minhas dúvidas foram esclarecidas e que sou voluntário a tomar parte neste estudo.

Nome do Voluntário: _____ Data: _____

RG ou CPF: _____ Telefone: _____

E-mail: _____

Assinatura do voluntário

Assinatura do pesquisador

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Estudo 2)

Título do Projeto: Determinação do déficit máximo de oxigênio acumulado por meio de uma única sessão de esforço supramáximo: análise da reprodutibilidade, influência do ergômetro e intensidade de esforço.

Você está sendo convidado a participar em uma pesquisa. Você precisa decidir se quer participar ou não. Por favor, não se apresse em tomar a decisão. Leia cuidadosamente o que se segue e pergunte ao responsável pelo estudo qualquer dúvida que você tiver. Este estudo está sendo conduzido por Prof. Dr. Alessandro Moura Zagatto.

A finalidade deste estudo é investigar a validade de um procedimento de avaliação da aptidão anaeróbia em exercício realizado em corrida na esteira rolante e cicloergômetro, que pode a partir dos resultados, ser amplamente utilizado na avaliação da população em geral.

No estudo, para uma caracterização dos participantes, só serão utilizados indivíduos do sexo masculino, com idade entre 18 e 30 anos.

Poderão participar deste estudo pessoas moderadamente ativas, que não apresentam hábito regulares de consumo de bebidas alcoólicas, tabagismo, doenças crônicas degenerativas ou patologias cardíacas.

Não poderão participar do estudo pessoas com nível de atividade física caracterizada como treinadas/atletas; que apresentam qualquer tipo de patologia ou a inabilidade em executar exercícios; pessoas com idade inferior a 18 anos e superior a 30 anos; consumidores regulares de bebidas alcoólica e/ou cigarros; ou que estejam ingerindo medicamentos.

Você participante terá que realizar no estudo um teste incremental máximo, dois exercícios exaustivos em esteira rolante/cicloergômetro e um exercício máximo de 30 segundos na esteira/cicloergômetro. Você será requisitado para a coleta de material biológico, como a frequência cardíaca por meio de um relógio que realiza essa função; o consumo de oxigênio por meio de uma máscara para analisar os gases respirados durante o exercício; e também coleta uma pequena amostra de sangue (aproximadamente 1 gota de sangue) do lóbulo da orelha. Todos esses procedimentos serão aplicados por um profissional capacitado e experiente, e todos os equipamentos utilizados para a coleta do material biológico é esterilizado, enquanto que no caso da coleta do material sanguíneo, todos os materiais são descartáveis e inutilizados após o uso individual.

Sabemos que esses procedimentos são aplicados rotineiramente em outras pesquisas e na prescrição de exercícios, sendo que o exercício a ser realizado é similar a qualquer atividade realizada na sua rotina de prática esportiva.

Os riscos dos testes são aqueles inerentes a qualquer prática de exercícios físicos extenuantes, riscos estes que podem ser esclarecidos pelo responsável da pesquisa.

Apesar de raro, há possibilidade de alterações orgânicas durante a realização de qualquer tipo de teste de esforço que podem ser respostas atípicas de pressão arterial, arritmias, desmaios, tonturas e em raríssimas situações ataque cardíaco. Portanto profissionais qualificados estarão à disposição para tais eventualidades.

Você irá realizar quatro visitas ao laboratório para realização dos testes, possuindo a duração aproximada de 1 hora em cada visita. O período máximo destinado para a realização dessas sessões será de três semanas.

Uma estimativa inicial do total de participantes no estudo é de 15 indivíduos.

Na coleta de amostra de sangue, você poderá sentir uma ligeira dor no local da picada da agulha, ou mesmo sensação de ardência ou leve dor na realização dos exercícios. Como mencionado anteriormente, todos os cuidados são tomados em relação aos materiais utilizados e aos procedimentos do estudo.

Para a realização dos procedimentos, as datas e horários serão previamente agendados conforme a sua disponibilidade, para não prejudicar sua rotina de trabalho ou estudo.

Se você concordar em participar do estudo, seu nome e identidade serão mantidos em sigilo. A menos que requerido por lei, somente o pesquisador, a equipe do estudo e os representantes do Comitê de Ética (caso necessário) terão acesso a suas informações para verificar as informações do estudo.

Para perguntas ou problemas referentes ao estudo ligue para (14) 3103-6082 / Ramal 7991 (Prof. Dr. Alessandro Moura Zagatto). Para perguntas sobre seus direitos como participante no estudo chame o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Ciências da UNESP campus de Bauru.

Sua participação no estudo é voluntária e não será remunerada. Você pode escolher não fazer parte do estudo ou mesmo poderá retirar seu consentimento a qualquer momento mesmo com o estudo em andamento. No caso de desistência, você não perderá qualquer benefício ao qual você tem direito e nem será proibido de participar de novos estudos. Você poderá ser solicitado a sair do estudo se não cumprir os procedimentos previstos ou atender as exigências estipuladas.

Ainda, não haverá nenhum custo para você, voluntário, nos procedimentos aplicados e ao final da sua participação você receberá um relatório com os resultados mais importantes para seu uso na prática de exercício físico.

Após a assinatura desse termo e do consentimento em participar da pesquisa, você receberá uma via assinada deste que ficará sob a sua posse.

Declaro que li e entendi este formulário de consentimento e todas as minhas dúvidas foram esclarecidas e que sou voluntário a tomar parte neste estudo.

Nome do Voluntário: _____ Data: _____

RG ou CPF: _____ Telefone: _____

E-mail: _____

Assinatura do voluntário

Assinatura do pesquisador

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Estudo 3)

Título do Projeto: Determinação do déficit máximo de oxigênio acumulado por meio de uma única sessão de esforço supramáximo: análise da reprodutibilidade, influência do ergômetro e intensidade de esforço

Você está sendo convidado a participar em uma pesquisa. Você precisa decidir se quer participar ou não. Por favor, não se apresse em tomar a decisão. Leia cuidadosamente o que se segue e pergunte ao responsável pelo estudo qualquer dúvida que você tiver. Este estudo está sendo conduzido por Prof. Dr. Alessandro Moura Zagatto.

A finalidade deste estudo é investigar a validade de um procedimento de avaliação da aptidão anaeróbia em exercício realizado em corrida na esteira rolante e cicloergômetro, que pode a partir dos resultados, ser amplamente utilizado na avaliação da população em geral.

No estudo, para uma caracterização dos participantes, só serão utilizados indivíduos do sexo masculino, com idade entre 18 e 30 anos.

Poderão participar deste estudo pessoas sedentárias, moderadamente ativas, treinadas/atletas, que não apresentam hábito regulares de consumo de bebidas alcoólicas, tabagismo, doenças crônicas degenerativas ou patologias cardíacas.

Não poderão participar do estudo pessoas que apresentam qualquer tipo de patologia ou a incapacidade em executar exercícios; pessoas com idade inferior a 18 anos e superior a 30 anos; consumidores regulares de bebidas alcoólicas e/ou cigarros; ou que estejam ingerindo medicamentos.

Você participante terá que realizar no estudo dois testes incrementais máximos e a quatro exercícios exaustivos em esteira e em cicloergômetro. Você será requisitado para a coleta de material biológico, como a frequência cardíaca por meio de um relógio que realiza essa função; o consumo de oxigênio por meio de uma máscara para analisar os gases respirados durante o exercício; e também coleta uma pequena amostra de sangue (aproximadamente 1 gota de sangue) do lóbulo da orelha. Todos esses procedimentos serão aplicados por um profissional capacitado e experiente, e todos os equipamentos utilizados para a coleta do material biológico é esterilizado, enquanto que no caso da coleta do material sanguíneo, todos os materiais são descartáveis e inutilizados após o uso individual.

Previamente a dois dos exercícios exaustivos (1 hora antes) você, participante, deverá ingerir cápsulas de aparência similar contendo cafeína (6 mg·kg⁻¹) ou placebo (maltodextrina). As cápsulas placebo são as que não contêm substâncias que podem alterar as respostas ao exercício físico, ou seja, não causará efeito nenhum sobre o seu desempenho físico. Portanto, esse procedimento será realizado de modo duplamente cego, nem você e nem o pesquisador saberão quais são as cápsulas contendo cada uma das substâncias (cafeína ou placebo).

A cafeína está presente em diversas bebidas como cafés, chás, alguns refrigerantes e energéticos. A ingestão de doses altas de cafeína pode causar aumento da frequência cardíaca ou diarreia, porém a dose utilizada nesse estudo é semelhante a outras pesquisas que tem investigado os efeitos da utilização dessa substância. Além disso, a quantidade de cafeína administrada nesse estudo corresponde a aproximadamente três xícaras de café.

Sabemos que esses procedimentos são aplicados rotineiramente em outras pesquisas e na prescrição de exercícios, sendo que o exercício a ser realizado é similar a qualquer atividade realizada na sua rotina de prática esportiva.

Os riscos dos testes são aqueles inerentes a qualquer prática de exercícios físicos extenuantes, riscos estes que podem ser esclarecidos pelo responsável da pesquisa.

Apesar de raro, há possibilidade de alterações orgânicas durante a realização de qualquer tipo de teste de esforço que podem ser respostas atípicas de pressão arterial, arritmias, desmaios, tonturas e em raríssimas situações ataque cardíaco. Portanto profissionais qualificados estarão à disposição para tais eventualidades.

Você irá realizar quatro visitas ao laboratório para realização dos testes, possuindo a duração aproximada de 1 hora em cada visita. O período máximo destinado para a realização dessas sessões será de três semanas.

Uma estimativa inicial do total de participantes no estudo é de 15 indivíduos.

Na coleta de amostra de sangue do lóbulo da orelha, você poderá sentir uma ligeira dor no local da picada da agulha, ou mesmo sensação de ardência ou leve dor na realização dos exercícios. Como mencionado anteriormente, todos os cuidados são tomados em relação aos materiais utilizados e aos procedimentos do estudo.

Para a realização dos procedimentos, as datas e horários serão previamente agendados conforme a sua disponibilidade, para não prejudicar sua rotina de trabalho ou estudo.

Se você concordar em participar do estudo, seu nome e identidade serão mantidos em sigilo. A menos que requerido por lei, somente o pesquisador, a equipe do estudo e os representantes do Comitê de Ética (caso necessário) terão acesso a suas informações para verificar as informações do estudo.

Para perguntas ou problemas referentes ao estudo ligue para (14) 3103-6082 / Ramal 7991 (Prof. Dr. Alessandro Moura Zagatto). Para perguntas sobre seus direitos como participante no estudo chame o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Ciências da UNESP campus de Bauru.

Sua participação no estudo é voluntária e não será remunerada. Você pode escolher não fazer parte do estudo ou mesmo poderá retirar seu consentimento a qualquer momento mesmo com o estudo em andamento. No caso de desistência, você não perderá qualquer benefício ao qual você tem direito e nem será proibido de participar de novos estudos. Você poderá ser solicitado a sair do estudo se não cumprir os procedimentos previstos ou atender as exigências estipuladas.

Ainda, não haverá nenhum custo para você, voluntário, nos procedimentos aplicados e ao final da sua participação você receberá um relatório com os resultados mais importantes para seu uso na prática de exercício físico.

Após a assinatura desse termo e do consentimento em participar da pesquisa, você receberá uma via assinada deste que ficará sob a sua posse.

Declaro que li e entendi este formulário de consentimento e todas as minhas dúvidas foram esclarecidas. e que sou voluntário a tomar parte neste estudo.

Nome do Voluntário: _____ Data: _____

RG ou CPF: _____ Telefone: _____

E-mail: _____

Assinatura do voluntário

Assinatura do pesquisador

ANEXO B – ESCALA DE HUMOR UTILIZADO NO ESTUDO 1

NOME DO PARTICIPANTE:

RESPONDER:	
Nada	0
Um pouco	1
Mais ou menos	2
Bastante	3
Extremamente	4

COMO VOCÊ VEM SE SENTINDO DURANTE A ÚLTIMA SEMANA, INCLUINDO O DIA DE HOJE?

QUESTIONÁRIO POMS			
Amistoso		Nervoso	
Tenso		Sendindo-se só	
Zangado		Sendindo-se miserável	
Esgotado		Atrapalhado	
Infeliz		Alegre	
Lúcido		Amargurado	
Animado		Exausto	
Confuso		Ansioso	
Arrependido		Pronto pra brigar	
Trêmulo		Bondoso	
Ápatico		Deprimido	
Irritado		Desesperado	
Atencioso		Lerdo	
Triste		Rebelde	
Ativo		Desamparado	
A ponto de explodir		Cansado	
Resmungão		Atordoado	
Melancólico		Alerta	
Energético		Enganado	
Apavorado		Furioso	
Sem esperanças		Eficiente	
Relaxado		Confiante	
Indigno		Cheio de Energia	
Rancoroso		Mal humorado	
Solidário		Inútil	
Preocupado		Esquecido	
Irriquieto (muito agitado)		Despreocupado	
Incapaz de se concentrar		Aterrorizado	
Fadigado		Culpado	
Prestativo		Vigoroso	
Aborrecido		Incerto sobre as coisas	
Desanimado		Sem forças	

ANEXO C – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA

"FACULDADE DE CIÊNCIAS
CAMPUS DE BAURU/ UNESP -
"JÚLIO DE MESQUITA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Determinação do déficit máximo de oxigênio acumulado por meio de uma única sessão de esforço supramáximo: análise da reprodutibilidade, influência do ergômetro e intensidade de esforço

Pesquisador: Alessandro Moura Zagatto

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 30364614.2.0000.5398

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO

Patrocinador Principal: FUNDACAO DE AMPARO A PESQUISA DO ESTADO DE SAO PAULO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 645.784

Data da Relatoria: 08/05/2014

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um projeto de pesquisa apoiado pela Fapesp e que tem como meta investigar a viabilidade de um procedimento mais rápido (com critérios de validade, replicabilidade e sensibilidade) para medir o déficit máximo de oxigênio acumulado em atividades anaeróbicas.

O projeto está bem escrito, em linguagem técnica típica da área, com fundamentação teórica clara e apresentação dos principais conceitos para a compreensão da proposta. Os procedimentos estão bem descritos, e a sequência de ações planejada e tomada de medidas antes e depois das atividades anaeróbicas estão bem delineadas. Os riscos para execução do estudo foram estimados e os critérios de inclusão e exclusão no estudo foram esclarecidos.

Objetivo da Pesquisa:

Os objetivos estão claros, bem descritos e operacionalizados, isto é, são descritas as variáveis independentes manipuladas e as variáveis dependentes que serão observadas.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos relatados pelo projeto correspondem àqueles apresentados em quaisquer atividades físicas extenuantes; estes serão apresentados aos participantes que poderão declinar da participação na pesquisa a qualquer momento. No caso de alguma situação rara e que coloque o

Endereço: Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01

Bairro:

CEP: 17.033-360

UF: SP

Município: BAURU

Telefone: (143)103-6087

Fax: (143)103-6087

E-mail: arimaia@fc.unesp.br

"FACULDADE DE CIÊNCIAS
CAMPUS DE BAURU/ UNESP -
"JÚLIO DE MESQUITA



Continuação do Parecer: 645.784

participante em risco ocorra, o projeto refere a presença de profissionais qualificados para tomar as primeiras providências. Como benefícios, ao final do projeto os participantes receberão um relatório sobre seu desempenho fisiológico e funcional nos testes executados.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Está bem escrita, sua proposição é pertinente a área de conhecimento, agregará conhecimento científico e tem relevância social. O delineamento consistirá de três etapas que farão comparações sobre a determinação do déficit máximo de oxigênio acumulado em atividades anaeróbicas por diferentes intensidades além da convencional, a associação da obtenção dessa medida com diferentes parâmetros de desempenho anaeróbico e em indivíduos com diferentes níveis de desempenho. Serão excluídos participantes com reconhecidos problemas físicos. Participação da pesquisa 120 pessoas subdivididas em grupos de ciclistas (40 pessoas), corredores (40 pessoas), indivíduos ativos (10 pessoas) e indivíduos sedentários (10 pessoas) distribuídas de forma intencional em uma ou nas três etapas do estudo. O cronograma previsto de coleta de dados é de agosto de 2014 a agosto de 2016; é exequível. O projeto conta com apoio financeiro da Fapesp.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados para análise os seguintes documentos: projeto de pesquisa, formulário do CONEP com informações básicas sobre a pesquisa, a folha de rosto para pesquisa com seres humanos devidamente assinada pelo proponente e pelo diretor da instituição onde será realizada a pesquisa e o TCLE que está em linguagem bem clara e objetiva e expõe aos participantes dos três estudos, todos os riscos envolvidos nas atividades, bem como o livre arbítrio de participar ou não. Como os participantes serão adultos com idade superior a 18 anos, não há necessidade de apresentação do TALE.

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

O parecer é favorável ao desenvolvimento da pesquisa. Os termos de apresentação obrigatória

Endereço: Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01
Bairro: **CEP:** 17.033-360
UF: SP **Município:** BAURU
Telefone: (143)103-6087 **Fax:** (143)103-6087 **E-mail:** arimaia@fc.unesp.br

"FACULDADE DE CIÊNCIAS
CAMPUS DE BAURU/ UNESP -
"JÚLIO DE MESQUITA



Continuação do Parecer: 645.784

estão adequadamente elaborados e o projeto está dentro dos parâmetros apresentados pela resolução 466/12

BAURU, 13 de Maio de 2014

Assinado por:
Ari Fernando Maia
(Coordenador)

Endereço: Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01
Bairro: **CEP:** 17.033-360
UF: SP **Município:** BAURU
Telefone: (143)103-6087 **Fax:** (143)103-6087 **E-mail:** arimaia@fc.unesp.br