

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

Fábio Colussi Karasiak

**EFEITO DO DANO MUSCULAR NA EFICIÊNCIA E NAS
PERFORMANCES AERÓBIA E ANAERÓBIA NO CICLISMO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Educação Física.
Orientador: Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo

Florianópolis

2012

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária
da
Universidade Federal de Santa Catarina

K18e Karasiak, Fábio Colussi
Efeito do dano muscular na eficiência e nas performances
aeróbia e anaeróbia no ciclismo [dissertação] / Fábio Colussi
Karasiak ; orientador, Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo. -
Florianópolis, SC, 2012.
87 p.: il., grafs., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Desportos. Programa de Pós-Graduação em
Educação Física.

Inclui referências

1. Educação física. 2. Ciclismo. 3. Músculos - Ferimentos
e lesões. 4. Exercícios aeróbicos. I. Guglielmo, Luiz
Guilherme Antonacci. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. III.
Título.

CDU 796

Fábio Colussi Karasiak

**EFEITO DO DANO MUSCULAR NA EFICIÊNCIA E NAS
PERFORMANCES AERÓBIA E ANAERÓBIA NO CICLISMO**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

Florianópolis, 24 de fevereiro de 2012.

Prof.^o Fernando Diefenthaler, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo,
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Fernando Diefenthaler,
Membro Interno
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Martim Bottaro,
Membro Externo
Universidade de Brasília

Prof. Dr. Benedito Sérgio Denadai,
Suplente
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico esta dissertação aos estudantes brasileiros que não buscam no estudo apenas uma melhora profissional, mas um crescimento pessoal e que, mudando a si mesmos, sonham em mudar uma nação.

AGRADECIMENTOS

Eu poderia listar uma dúzia de pessoas que merecem receber o primeiro agradecimento. Pessoas que me apoiaram, me ajudaram, me cobraram ou simplesmente estiveram comigo neste período, e que, afetivamente, são muito importantes na minha vida pessoal. Contudo, este primeiro “obrigado” vai para duas instituições que foram essenciais em meu caminho até este patamar acadêmico e, posso dizer com absoluta certeza, que eu não estaria aqui neste momento se elas não existissem. Agradeço à **Universidade do Estado de Santa Catarina** e à **Universidade Federal de Santa Catarina**. Graças a elas e aos seus colaboradores foi possível que eu seguisse por este caminho, contando com ensino público, gratuito e de qualidade, tanto na graduação como na pós-graduação em Educação Física.

Obrigado ao meu pai **Irineu Karasiak** e à minha mãe **Nelita Colussi Karasiak**. Amo vocês. Peças fundamentais na minha vida. Exemplos a serem seguidos. Ensinaram-me valores como honestidade, ética, respeito, compreensão, respeito e compaixão, entre muitos outros. Não tenho palavras para descrever o quão importantes vocês são na minha vida e a falta que vocês me farão quando se forem. São (até agora) 27 anos de ensinamentos e cada vez aprendo mais com eles.

Agradeço ao meu irmão **Felipe Colussi Karasiak**, pelo apoio incondicional e por ajudar meus pais a cuidarem de mim durante toda minha vida. Sei que, mesmo com as desavenças e briguinhas na infância, o sentimento de amor, proteção e admiração sempre foram inquestionáveis e recíprocos.

À minha noiva, **Katiucia Souza de Amorim**, meu modelo de disciplina com relação aos estudos e minha musa inspiradora com relação à vida, muito obrigado. Pessoa que me completa, me encanta e me traz paz, com a qual pretendo passar o restante dos meus dias, amando, amadurecendo e (por que não?) viajando. Te amo!

Amigos? Todos (incluindo familiares)! Muito, mas muito obrigado.

Obrigado ao **Goitaka Rugby**. Meu time, ou melhor, minha família de homens sujos e fedidos (em sua maioria), que sempre estão ali pra tirar um sarro quando eu estou bem, mas com um sorriso no rosto e uma palavra de incentivo quando estou mal.

Aos meus novos amigos, que conheci durante o mestrado, mas que pretendo levar pra toda a vida: **Fabia Rosa Sigwalt**, **Naiandra Dittrich**, **Roger Lima Scherer** e **Vanderson Moro**. Obrigado por fazerem estes dois anos passarem mais rápido. Serei eternamente grato

pelas risadas, histórias, angústias, aprendizados e (é claro) pela ajuda nas coletas de dados.

Obrigado ao **Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo**, por aceitar o desafio de me orientar neste mestrado e por me guiar quando estive sem rumo.

Caso eu tenha me esquecido de alguém, por favor, me desculpe, agradecer-te-ei na minha tese de Doutorado.

RESUMO

O treinamento de força parece ser um modelo atraente para ciclistas de *endurance*, visto que a *performance* aeróbia pode ser aprimorada pela adição do trabalho de resistido na periodização de programas de treinamento dos atletas. Assim sendo, quando o treinamento de força é realizado por estes ciclistas, o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) pode não se modificar, mas a eficiência e a *performance* aeróbia, principalmente no exercício de alta intensidade e longa duração, parecem melhorar. Entretanto, após atividades físicas de alta intensidade, especialmente quando há contração muscular excêntrica, é possível a aparição de dano muscular induzido pelo exercício (DMIE). Desta forma, o objetivo deste estudo foi analisar o efeito do DMIE na eficiência bruta e nas performances aeróbia e anaeróbia no ciclismo. Nove ciclistas bem treinados ($30,8 \pm 6,4$ anos, com experiência no ciclismo de $8,4 \pm 5,6$ anos) visitaram o laboratório em 5 ocasiões. Na primeira, realizaram um teste incremental em cicloergômetro ($100W+30W/3min$), até a exaustão voluntária, para identificação do VO_{2max} ($55,2 \pm 4,9$ mL.kg⁻¹.min⁻¹) e potência aeróbia máxima ($P_{máx}$; $327,0 \pm 28,5$ watts). Na segunda (controle), foram orientados a pedalar em 4 diferentes condições: 5 minutos a 60% da $P_{máx}$; 5 minutos a 70% da $P_{máx}$; contrarrelógio de 5 minutos e; teste de Wingate. Ao retornarem pela terceira vez, os sujeitos realizaram 10 séries de 10 saltos contra-movimento, com 1 minuto de intervalo, com o objetivo de gerar DMIE. Os sujeitos voltaram a pedalar nas 4 condições acima descrita 30 minutos, 48h (quarta visita) e 96h (quinta visita) após a realização dos saltos. Foram determinadas as seguintes variáveis: indicadores de dano muscular (percepção subjetiva de dor, torque isométrico máximo e circunferência de coxa e de perna); percepção subjetiva de esforço (PSE), variáveis cardiorrespiratórias e metabólicas nas intensidades de 60% e 70% da $P_{máx}$ e no contrarrelógio e; potência pico, potência média e índice de fadiga no teste de Wingate. Foi utilizada a análise de variância (ANOVA) *one-way* de medidas repetidas para analisar o comportamento dos indicadores de dano muscular, das variáveis obtidas nos exercícios submáximos, no contrarrelógio e no teste de Wingate. Adotou-se um nível de significância de 5%. Sob condição de DMIE, comparado com a situação controle, a dor muscular foi 27 vezes maior (em quadríceps, 48h após os saltos) e houve redução do pico de torque isométrico de 13,66 % (de 212,2 para 183,2 N.m, após 48h). Houve um aumento na PSE, 48h após o DMIE, comparado ao controle (3,8 vs.

3,1), ao pedalar a 60% da $P_{\text{máx}}$. Foi observado, após os saltos, um aumento na ventilação e no quociente respiratório ao pedalar a 60% da $P_{\text{máx}}$ (até 4,3 L.min⁻¹ e 0,04, respectivamente) e a 70% da $P_{\text{máx}}$ (até 5,4 L.min⁻¹ e 0,05, respectivamente). Não foi encontrada diferença significativa no consumo de oxigênio, na produção de dióxido de carbono e na frequência cardíaca nos exercícios sub-máximos, tampouco no contrarrelógio. Não houve diferença nas variáveis avaliadas pelo teste de Wingate. Conclui-se que o DMIE não prejudicou a eficiência bruta, nem as performances aeróbia e anaeróbia em ciclistas treinados.

Palavras-chave: Dano muscular; Eficiência; Performance; Ciclismo.

ABSTRACT

Strength training appears to be an attractive training model for endurance cyclists, since the aerobic performance can be improved adding the resistance training in athletes' periodization programs. Therefore, although maximum oxygen uptake (VO_2max) do not change when strength training is performed by these athletes, the efficiency and aerobic performance seems to improve, especially on exercises of high intensity and long duration. However, after high intensity physical activity, especially with predominantly eccentric muscle contraction, it is possible the appearance of exercise-induced muscle damage (EIMD). Thus, the purpose of the present study was to analyze the effect of EIMD in gross efficiency and in aerobic and anaerobic cycling performance. Nine well-trained cyclists (30.8 ± 6.4 years, with cycling experience of 8.4 ± 5.6 years) visited the laboratory on 5 occasions. On first, performed an incremental test on a cycle ergometer ($100\text{W} + 30\text{W}/3\text{min}$) until volitional exhaustion in order to identify the VO_2max ($55.2 \pm 4.9 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) and maximum aerobic power (P_{max} ; 327.0 ± 28.5 watts). On second (control), they were instructed to cycle in four different conditions: 5 minutes at 60% of P_{max} ; 5 minutes at 70% of P_{max} ; 5 minutes time-trial; and Wingate test. When returned for the third time, the athletes performed 10 sets of 10 counter-movement jumps, with 1 minute intervals, to generate EIMD. The athletes repeat the same tests of the control described above 30 minutes, 48h (fourth visit) and 96h (fifth visit) after the jumps. The following variables were analyzed: markers of muscle damage (delayed onset muscle soreness, maximum isometric torque and circumferences of thigh and leg); rate of perceived exertion (RPE), cardiorespiratory and metabolic variables at 60% and 70% of P_{max} and in the time-trial; and peak power, mean power and fatigue index of the Wingate test. One-way repeated measures ANOVA was used to analyze the behaviour of the markers of muscle damage, the variables obtained in submaximal exercises, in time-trial and in the Wingate test. The level of significance was $p < 0.05$. In presence of EIMD, compared with the control situation, muscle pain was 27 times greater (in quadriceps, 48h after the jumps) and there was a reduction in the peak torque of 13.66% (from 212.2 to 183.2 N.m after 48h). The RPE values increased 48h after EIMD, compared to control test (3.8 vs. 3.1), when cycling at 60% of P_{max} . There was an increase in ventilation and respiratory exchange ratio after eccentric exercise, when cycling at 60% of P_{max} (up to $4.3 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ and 0.04, respectively) and at 70% of P_{max} (up to $5.4 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ and 0.05, respectively). There was no significant

difference in oxygen uptake, carbon dioxide production, and heart rate in sub-maximal exercises, neither in time-trial. No differences were observed in the variables assessed by the Wingate test. It can be concluded that the EIMD did not impair gross efficiency, nor the aerobic and anaerobic performances in trained cyclists.

Keywords: muscle damage, efficiency, performance, cycling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Desenho esquemático da coleta de dados, separado por grupos e por cronologia.....	17
Figura 2. Ponto de medição da circunferência da coxa proximal	19
Figura 3. Ponto de medição da circunferência da coxa média	19
Figura 4. Ponto de medição da circunferência da coxa distal	20
Figura 5. Ponto de medição da circunferência da panturrilha.	20
Figura 6. Gráfico da Percepção de dor muscular x tempo, em determinados grupos musculares e em agachamento	27
Figura 7. Gráfico do pico de torque isométrico x tempo	28
Figura 8. Gráfico das concentrações de Lactato em repouso x tempo	29
Figura 9. Gráfico da Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) em diferentes intensidades de exercício constante (60% e 70% da P_{max}) x tempo.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados de idade, composição corporal e experiência com ciclismo dos sujeitos participantes da pesquisa	25
Tabela 2. Dados fisiológicos e metabólicos identificados no teste incremental	26
Tabela 3. Efeitos do dano muscular nas respostas fisiológicas e metabólicas ao ciclismo submáximo a 60% da P_{max}	30
Tabela 4. Efeitos do dano muscular nas respostas fisiológicas e metabólicas ao ciclismo submáximo a 70% da P_{max}	31
Tabela 5. Efeito do dano muscular nas variáveis relacionadas a performance durante o contrarrelógio	32
Tabela 6. Efeito do dano muscular nas variáveis do Teste de Wingate	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%G – gordura corporal relativa
μL – microlitro
1RM – uma repetição máxima
ANOVA – Análise de variância
bpm – batimentos por minuto
CK – creatina quinase
cm – centímetros
CO₂ – dióxido de carbono
CVM – contração voluntária máxima
DMIE – dano muscular induzido pelo exercício
DP – desvio padrão
EC – economia de corrida
EM – economia de movimento
FC – frequência cardíaca
IF – índice de fadiga no teste de Wingate
ISAK – *International Society for the Advancement of Kineanthropometry*
Kg – kilogramas
m/min – metros por minuto
mL.kg⁻¹.min⁻¹ – mililitros por quilograma por minuto
mL.min⁻¹ – mililitros por minuto
mmol – milimoles
O₂ – oxigênio
P_{máx} – potência máxima em teste incremental
P_{média} Win – potência média no teste de Wingate
P_{pico} Win – potência pico no teste de Wingate
PSE – percepção subjetiva de esforço
QR – quociente respiratório
rad.s⁻¹ – radianos por segundo
RPM – cadência
t – tempo
VCO₂ – produção de dióxido de carbono
VE – ventilação
VO₂ – consumo de oxigênio
VO₂max – consumo máximo de oxigênio
W – Watts
Wmédia – valor médio de potência durante o contrarrelógio

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1	O PROBLEMA	1
1.2	OBJETIVOS	3
1.2.1	Objetivo Geral	3
1.2.2	Objetivos Específicos	3
1.3	JUSTIFICATIVA	4
1.4	HIPÓTESES	4
1.5	DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS	5
1.6	CLASSIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS	6
2.	REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1	ECONOMIA DE MOVIMENTO	7
2.2	DANO MUSCULAR INDUZIDO PELO EXERCÍCIO	8
2.3	RELAÇÃO DANO MUSCULAR x EFICIÊNCIA / ECONOMIA DE MOVIMENTO	9
2.4	RELAÇÃO DANO MUSCULAR x PERFORMANCE AERÓBIA	10
2.5	RELAÇÃO DANO MUSCULAR x POTÊNCIA E CAPACIDADE ANAERÓBIAS	12
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	15
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	15
3.2	SUJEITOS DO ESTUDO	15
3.3	COLETA DE DADOS	16
3.3.1	Avaliação Antropométrica	17
3.3.2	Determinação do VO_2max e da potência máxima ($P_{\text{máx}}$)	18
3.3.3	Indicadores de dano muscular	18
3.3.3.1	<i>Circunferências de coxa e perna.</i>	18
3.3.3.2	<i>Percepção subjetiva de dor muscular tardia.</i>	20
3.3.3.3	<i>Medida do torque isométrico de extensor de joelho.</i>	21
3.3.4	Variáveis fisiológicas e metabólicas em repouso	21
3.3.5	Exercícios submáximos e contrarrelógio	22
3.3.6	Wingate	22
3.3.7	Exercício causador de dano muscular	23
3.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA	23
4.	RESULTADOS	25
5.	DISCUSSÃO	35
6.	CONCLUSÃO	45
	APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	61
	ANEXO A – Comitê de Ética	65
	ANEXO B – Ficha de avaliação de percepção subjetiva de dor, em escala Visual-Analógica	67

INTRODUÇÃO

1.1 O PROBLEMA

É possível constatar, na literatura, um grande interesse dos pesquisadores no desenvolvimento de métodos precisos de avaliação da *performance* e, principalmente, de formas de treinamento que possibilitem o aprimoramento da mesma. No ciclismo, a *performance* é dependente de diversos fatores como o consumo máximo de oxigênio (VO_2max), o limiar anaeróbio e a eficiência.

A eficiência, ou economia de movimento (EM), pode ser definida como o consumo de oxigênio (VO_2) obtido para uma determinada atividade de esforço submáximo (DENADAI, 1999) e parece estar associada, principalmente, com a *performance* em atividades de longa duração, mesmo quando indivíduos apresentam valores similares de VO_2max (COYLE, 1995).

Tradicionalmente os fatores que podem influenciar a EM no ciclismo incluem a massa corporal (BERRY, STORSTEEN e WOODARD, 1993), a intensidade do exercício (BERRY et al, 1993), o tipo de fibra muscular (COYLE et al, 1992) e a cadência de pedalada (NICKLEBERRY e BROOKS, 1996). Ademais, algumas evidências científicas demonstram que o treinamento resistido pode provocar alterações na EM (GUGLIELMO, 2009). Estudos que analisaram o treinamento de força (até 12 semanas) para ciclistas verificaram melhoras significativas na eficiência (SUNDE et al, 2010), no tempo de exaustão (CHTARA et al, 2005; SUNDE et al, 2010), e na potência média em provas de ciclismo de contrarrelógio de 40 minutos (RØNNESTAD, HANSEN e RAASTAD, 2010a; RØNNESTAD, HANSEN e RAASTAD, 2010b) e de 4km (CHTARA et al, 2005). Neste sentido, alguns autores indicam aos ciclistas a incluírem o treinamento de força em seus programas de treinamento (SUNDE et al, 2010).

Em ciclistas bem treinados, existem estudos que realizaram treinamento combinado de endurance e força, ao invés de apenas endurance (BAASTIANS et al, 2001; JACKSON, HICKEY e REISER, 2007; RØNNESTAD, HANSEN e RAASTAD, 2011). Recentemente foi observado que o treinamento combinado de força e endurance melhora a capacidade de endurance de 45 min, acompanhada por um aumento de fibras tipo IIa e da contração voluntária máxima (CVM)(AAGAARD et al, 2011).

Considerando a crescente utilização de métodos de treinamento de força com atletas de endurance e sabendo da possível aparição do dano muscular induzido pelo exercício (DMIE) após atividades físicas de alta intensidade ou longa duração (TEE et al, 2007), existe a necessidade de se conhecer melhor as implicações potenciais que o DMIE pode causar na performance do ciclismo nos dias subsequentes a este tipo de estímulo.

Nos últimos anos o número de pesquisas que verificaram os efeitos do DMIE sobre a resposta do consumo de oxigênio durante o exercício aeróbio tem crescido, entretanto, seus achados ainda não são claros. Enquanto alguns estudos verificaram uma redução na *performance* aeróbia após o exercício causador de dano muscular (KYRÖLÄINEN et al, 2000; CALBET et al, 2001; BRAUN e DUTTO, 2003; CHEN et al, 2007, TWIST e ESTON, 2009), outros não observaram diferenças significativas na performance aeróbia sob presença do DMIE (GLEESON et al, 1995; GLEESON et al, 1998; WALSH et al, 2001; MARCORA e BOSIO, 2007). Esta contradição, segundo Twist e Eston (2009) ocorre por diferenças metodológicas dos estudos, desde a forma de indução de dano muscular, o nível técnico dos participantes, e a maneira de mensurar as variáveis aeróbias.

Estudos que verificaram os efeitos do dano muscular na economia de corrida (EC) não observaram diminuição da mesma em não-corredores (SCOTT et al, 2003; PASCHALIS et al, 2008). Porém, em triatletas e corredores treinados foi possível observar uma piora da EC (KYRÖLÄINEN et al, 2000; BRAUN e DUTTO, 2003). Este fenômeno pode ser explicado, em parte, pela estratégia de recrutamento motor um atleta treinado possui, o que torna seu gesto motor mais econômico que o de um atleta recreacional. Além disso, a manutenção da EM se repetiu quando foi analisada no ciclismo em sujeitos não-ciclistas (MOYSI et al, 2005; TWIST e ESTON, 2009). Diferentemente da corrida, não foram encontrados, na literatura, estudos com ciclistas treinados que realizaram este tipo de mensuração. Considerando que a contração muscular do ciclismo possui características diferentes da corrida (exclusivamente concêntrica, sem influência do peso corporal e sem presença de ciclo alongamento-encurtamento) e que o treinamento tem uma influência positiva na eficiência em ciclistas (HOPKER et al, 2009), há necessidade de saber se o DMIE pode ser prejudicial para a eficiência em ciclistas treinados.

Sendo assim, torna-se fundamental compreender melhor o DMIE e sua participação no comprometimento das variáveis envolvidas com a performance aeróbia, especialmente no ciclismo. Com base nesta

afirmação, esta pesquisa buscará responder a seguinte questão: **O dano muscular induzido pelo exercício pode influenciar a eficiência bruta e/ou a performance no ciclismo?**

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

- ✓ Analisar o efeito do dano muscular induzido pelo exercício na eficiência bruta e nas performances aeróbia e anaeróbia no ciclismo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Identificar os valores de consumo máximo de oxigênio, potência pico e frequência cardíaca máxima de ciclistas bem treinados, em teste incremental;
- ✓ Descrever e analisar o comportamento de indicadores de dano muscular antes, 30 minutos, 48 horas e 96 horas após o exercício causador de dano muscular;
- ✓ Determinar e comparar as repostas fisiológicas e metabólicas em repouso antes e em 3 momentos após a indução do dano (30 minutos, 48 horas e 96 horas);
- ✓ Observar a eficiência bruta dos participantes em exercícios submáximos e a performance no contrarrelógio em 4 situações: antes, 30 minutos, 48 horas e 96 horas após o exercício causador de dano muscular;
- ✓ Verificar a potência pico, potência média e o índice de fadiga, no teste de Wingate, em ciclistas bem treinados, antes, 30 minutos, 48 horas e 96 horas após o exercício causador de dano muscular;
- ✓ Comparar, com a situação controle, a eficiência bruta nas intensidades de 60 e 70% da potência máxima, em 30 minutos, 48 horas e 96 horas após o exercício causador de dano muscular;
- ✓ Analisar a performance em contrarrelógio de 5 minutos, e comparar a situação controle com 30 minutos, 48 horas e 96 horas após o exercício causador de dano muscular e;
- ✓ Comparar, com a situação controle, a performance no teste de Wingate, em 30 minutos, 48 horas e 96 horas após o exercício causador de dano muscular.

1.3 JUSTIFICATIVA

Existe um grande interesse de inúmeros pesquisadores da área desportiva em desenvolver e encontrar métodos precisos de treinamento, no intuito de obter o máximo rendimento dos atletas. A utilização do treinamento de força em atletas de endurance parece estar crescendo, visto o grande número de estudos demonstrando as vantagens deste na performance aeróbia. Entretanto, os efeitos agudos destas sessões de treinamento no desempenho aeróbio ainda necessitam de mais informações, para que os treinadores tenham condições de planificar o treinamento dos seus atletas considerando a existência do DMIE e a possível influência dele na realização das atividades dos dias seguintes.

Mesmo existindo um razoável número de estudos que tenham investigado os efeitos do DMIE na performance aeróbia, os resultados ainda são controversos. Isto mostra a necessidade de maiores investigações acerca deste tema, buscando explicar melhor estes mecanismos.

Esses aspectos discutidos até o momento expõem a importância desta pesquisa e justificam a realização da mesma. Ainda, os dados provenientes deste estudo deverão ter grande utilidade para outros pesquisadores e, principalmente, para os profissionais que trabalham na área da performance humana, especialmente preparadores físicos e/ou treinadores de ciclismo.

1.4 HIPÓTESES

- ✓ H1: as circunferências e a dor muscular 48 horas após o exercício causador de dano muscular serão maior que nas demais situações (controle, após 30 minutos e após 96 horas), enquanto a perda de força isométrica será maior aos 30 minutos e retornará aos seus valores normais progressivamente.
- ✓ H2: as variáveis fisiológicas e metabólicas em repouso não sofrerão alterações com a existência do DMIE em nenhum momento.
- ✓ H3: a eficiência bruta nas intensidades de 60 e 70% da potência máxima não sofrerão alterações com a existência do DMIE em nenhum momento.
- ✓ H4: a performance em contrarrelógio de 5 minutos será pior com a existência de DMIE em todos os momentos após o

exercício causador de dano muscular, principalmente após 48 horas.

- ✓ H5: a performance no teste de Wingate será pior com a existência de DMIE em todos os momentos após o exercício causador de dano muscular, principalmente após 30 minutos e 48 horas.

1.5 DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS

Consumo máximo de oxigênio (VO₂max)

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

Operacional: o VO₂max será o valor obtido no teste incremental em cicloergômetro realizado no laboratório com base nos critérios propostos Taylor, Buskirk e Henschel *apud* DENADAI et al (2007a), descritos no item “Materiais e Métodos”.

Economia de Movimento / Eficiência

Conceitual: um índice capaz de prever a performance em atividades, principalmente, de longa duração, mesmo quando os indivíduos apresentam valores similares de VO₂max (COYLE, 1995). No ciclismo, o termo Eficiência pode ser utilizado em substituição à Economia de Movimento, já que nesta atividade é possível quantificar o trabalho externo realizado. Desta maneira, pode-se expressar a Eficiência obtida durante o exercício de quatro diferentes formas (DENADAI, 1999).

Eficiência Bruta

Operacional: obtida da equação “trabalho externo realizado / gasto energético x 100” (DENADAI, 1999).

Eficiência Líquida

Operacional: obtida da equação “trabalho externo realizado / (gasto energético da carga – gasto energético de repouso) x 100” (DENADAI, 1999).

Eficiência de Trabalho

Operacional: obtida da equação “trabalho externo realizado / (gasto energético na carga – gasto energético para pedalar 0 Watts (W)) x 100” (DENADAI, 1999).

Eficiência Delta

Operacional: obtida da equação "trabalho externo realizado / (gasto energético da carga realizada – gasto energético da carga anterior) x 100" (DENADAI, 1999).

Dano Muscular induzido pelo exercício (DMIE)

Conceitual: O dano muscular induzido pelo exercício pode ocorrer após atividades físicas nas quais o indivíduo não está acostumado, ou após atividades físicas de alta intensidade ou duração (TEE et al., 2007). Seus sintomas são: rigidez, inchaço, dor muscular tardia e diminuição de força na contração muscular (BYRNE et al, 2004).

Operacional: os valores de circunferência de coxa (proximal, média e distal) e de perna serão medidos com uma fita métrica não extensível, os valores de dor muscular tardia percebida serão obtidos por meio de uma escala subjetiva de dor (MARGINSON et al, 2005; TWIST e ESTON, 2009) e a medida do torque isométrico de extensor de joelho será o maior valor de três tentativas para cada perna.

1.6 CLASSIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS

- a) Dependente: Eficiência bruta, performance em contrarrelógio de 5 minutos, performance no Wingate;
- b) Independente: Exercício causador de dano muscular;
- c) De controle: fadiga acumulada, hidratação, estado de sono e ingestão de medicamentos, cafeína e bebidas alcoólicas, horário e condições ambientais das coletas e alimentação pré-teste.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ECONOMIA DE MOVIMENTO

A economia de movimento tem sido apontada com um índice capaz de prever a *performance* em atividades, principalmente de longa duração, mesmo quando os indivíduos apresentam valores similares de $VO_2\max$ (COYLE, 1995). De acordo com Denadai (1999), a EM pode ser entendida como sendo o consumo de oxigênio obtido, para uma determinada atividade submáxima de esforço.

O mesmo autor afirma que, mesmo sabendo que a EM pode variar sensivelmente entre os indivíduos (especialmente em atividades de longa duração), os fatores que influenciam a EM ainda não são completamente compreendidos.

Fatores como massa Corporal (BERRY, STORSTEEN e WOODARD, 1993), tipo de fibra muscular (COYLE et al, 1992) e cadência (NICKLEBERRY e BROOKS, 1996) parecem exercer influência sobre a eficiência (como é chamada a EM no ciclismo).

Outrossim, parece que o treinamento resistido pode provocar alterações na EM. Alguns estudos que estudaram o treinamento de força (CHTARA et al, 2005; RØNNESTAD, HANSEN e RAASTAD, 2010a; RØNNESTAD, HANSEN e RAASTAD, 2010b) verificaram melhoras significativas na EM e/ou na performance aeróbia após algumas semanas de treinamento (até 12 semanas).

Sunde et al (2010), em um estudo que investigou os efeitos do treinamento de força máxima na eficiência, em intensidade correspondente a 70% do $VO_2\max$, encontraram melhoras significativas na nesta variável (4,8%) após 8 semanas de treinamentos combinados (força + endurance). Os mesmos autores ainda sugerem aos ciclistas que incluam o treinamento de força máxima em seus programas de treinamento.

O aumento da utilização de métodos de treinamento resistido com atletas de endurance gera uma necessidade de conscientização acerca das implicações potenciais que o dano muscular apresenta no dia seguinte a este tipo de treinamento (TWIST e ESTON, 2009).

No ciclismo estacionário, por ser possível quantificar o trabalho externo realizado, o termo “eficiência” tem sido utilizado no lugar de EM. A eficiência pode ser expressa de quatro diferentes formas: (1) Eficiência Bruta; (2) Eficiência Líquida; (3) Eficiência de Trabalho e; (4) Eficiência Delta (DENADAI, 1999). Esta classificação é importante,

pois o cálculo de cada tipo de Eficiência está sujeito a diferentes influências (COYLE, 1995).

2.2 DANO MUSCULAR INDUZIDO PELO EXERCÍCIO

O dano muscular induzido pelo exercício é um acontecimento comum após atividades físicas nas quais o indivíduo não está habituado, ou após atividades físicas de alta intensidade ou longa duração (TEE et al., 2007). Seus sintomas são simples e facilmente caracterizados. Incluem rigidez, inchaço e dor muscular tardia, além de diminuição de força na contração muscular (BYRNE et al, 2004).

Como já fora comprovado, a ação muscular excêntrica produz dano muscular maior que as ações concêntrica e isométrica (NEWHAM et al, 1983; KOMI e VIITASALO, 1977; GOLDEN e DUDLEY, 1992). Em virtude disto, muitos estudos se dedicaram a analisar os indicadores de dano muscular obtidos após contrações excêntricas (NOSAKA e NEWTON, 2002; McHUGH e PASIAKOS, 2004; NOSAKA et al, 2005; PHILIPPOU et al, 2004; CHAPMAN et al, 2006; CHAPMAN et al, 2008; CHEN et al, 2009) ou em exercícios com predominância de ações excêntrica, como caminhadas, ou corridas, em superfície inclinada (NOSAKA, NEWTON e SACCO, 2002) e atividades contra-movimento de peso ou alavanca, como ciclismo excêntrico (TEE et al, 2007).

Em uma análise dos efeitos do dano muscular em função do tempo, Clarkson, Nosaka e Braun (1992) analisaram 109 sujeitos sob condições de dano muscular. Desta forma, observaram que o pico de dor ocorre entre 2 e 3 dias após o dano e o inchaço proveniente do dano muscular atinge seu pico 5 dias após a indução de dano. Ademais, os autores notaram as maiores perdas na produção de força imediatamente após o exercício, com recuperação linear durante os próximos 10 dias e, por fim, que as concentrações de creatina quinase (CK) tiveram seu pico dois dias após o dano muscular.

Mais recentemente, um estudo de revisão apresentou dados semelhantes no pico de dor e na perda de força (CLARKSON e HUBAL, 2002). Contudo, nesta revisão os autores afirmam que as maiores concentrações de creatina quinase foram observadas entre 5 e 7 dias após o exercício.

Cabe mencionar que o dano ocorrido após o exercício excêntrico é reparável. E durante este processo de reparação, uma adaptação ocorre e o músculo se torna mais resistente ao dano quando realiza, subseqüentemente, um exercício com as mesmas características

(CLARKSON et al, 1987; CLARKSON e TREMBLAY, 1988; NOSAKA et al 2004; LAVENDER e NOSAKA, 2008; KAMANDULIS et al, 2010). Este fenômeno é chamado de “efeito do estímulo repetido” (do termo *repeated bout effect*, em inglês).

2.3 RELAÇÃO DANO MUSCULAR x EFICIÊNCIA / ECONOMIA DE MOVIMENTO

Os efeitos do dano muscular induzido pelo exercício sobre a resposta do consumo de oxigênio durante o exercício são muito discutidos na literatura. Twist e Eston (2009), em um estudo que verificou os efeitos do DMIE (100 saltos contra-movimento), no consumo de oxigênio (dois testes, de cinco minutos, pedalando a 60% e a 80% da potência máxima encontrada em teste incremental), dois e sete dias após a indução do dano muscular, não encontraram diferenças significativas nesta variável. Resultados semelhantes foram encontrados por outros autores, tanto no ciclismo (GLEESON et al, 1995; GLEESON et al, 1998; WALSH et al, 2001) quanto na corrida (SCOTT et al, 2003; PASCHALIS et al, 2005; MARCORA e BOSIO, 2007; PASCHALIS, 2008).

Em contrapartida, há estudos que analisaram o exercício de corrida e observaram aumentos significativos no consumo de oxigênio em cargas fixas de exercício, sob condições de dano muscular (KYROLAINEN et al 2000; BRAUN e DUTTO, 2003; CHEN et al, 2007). Porém, esta resposta parece ser uma característica mais presente no exercício de corrida. No ciclismo foi encontrado apenas um estudo que observou este aumento no consumo de oxigênio em cargas fixas submáximas (BURT e TWIST, 2011).

Contudo, é possível que esta piora da EM esteja associada ao nível dos sujeitos participantes dos estudos, uma vez que todos os trabalhos que estudaram os efeitos do DMIE na EM em indivíduos bem treinados encontraram diferença significativa nesta variável (KYROLAINEN et al 2000; BRAUN e DUTTO, 2003). Paralelamente, nenhum estudo analisando a eficiência em ciclistas bem treinados foi encontrado.

Sabe-se que a ventilação aumenta em resposta a estímulos de dor (HAOUZI et al, 2004). Em adição, Jameson e Ring (2000) sugeriram que, durante o exercício de ciclismo, a percepção subjetiva de esforço (PSE) é influenciada por uma combinação de dor muscular na perna e sensações de falta de ar. Desta maneira, a PSE e a ventilação tendem a aumentar em situações de dor muscular.

Corroborando com a afirmação acima, foi observado que, em exercícios com cargas constantes sob efeito de dano muscular, a PSE parece aumentar 48 horas após o dano muscular, apesar do VO_2 permanecer igual. Davies, Rowlands e Eston (2009), observaram esta situação quando dez homens saudáveis realizaram 6 minutos de ciclismo a 80% do limiar ventilatório. Resultados semelhantes foram encontrados com homens saudáveis e destreinados, pedalando 30 minutos a 80% do VO_{2max} (GLEESON et al, 1995), com estudantes universitários ativos, pedalando 5 minutos no limiar ventilatório (BURT e TWIST, 2011) e, também, com sujeitos de ambos os sexos realizando 30 minutos de corrida a $2,5 \text{ mmol.L}^{-1}$ de $[la]$ (aproximadamente 67% do VO_{2max}), 24 horas após o dano (SCOTT et al, 2003). Sendo assim, parece que, em cargas submáximas, a presença de dano muscular faz diferença nas respostas de PSE, independentemente da intensidade do estímulo.

Efeito semelhante parece acontecer com a frequência respiratória (PASCHALIS et al, 2008; DAVIES, ROWLANDS e ESTON, 2009) e com a ventilação (DAVIES, ROWLANDS e ESTON, 2009; TWIST e ESTON, 2009; BURT e TWIST, 2011), que é o volume de ar que se move para dentro e para fora dos pulmões, expresso em litros por minuto (BARROS NETO, 2001). Entretanto, há estudos que não demonstraram alterações na primeira variável (PASCHALIS et al 2005; MARCORA e BOSIO 2007), tampouco na segunda (CALBET, CHAVARREN e DORADO, 2001; PASCHALIS et al 2005; MARCORA e BOSIO 2007).

Sendo assim, a relação entre ventilação, dor muscular na perna e PSE (Jameson e Ring, 2000) pode fornecer uma explicação às mudanças que foram observadas sem uma alteração no consumo de oxigênio. Gleeson et al (1998) sugeriram que a dor muscular aumentada nos membros inferiores acelera a ativação de nociceptores e mecanorreceptores que, conseqüentemente, estimularam um aumento na ventilação.

2.4 RELAÇÃO DANO MUSCULAR x PERFORMANCE AERÓBIA

Além de exercícios com cargas constantes submáximas, estudos têm realizado exercícios buscando verificar a performance aeróbia sob as condições de DMIE. Gleeson et al (1998) realizaram um teste incremental em ciclo ergômetro sob os efeitos de dano muscular provocado por 40 minutos subindo e descendo em um step. Após 48 horas, não foram encontradas diferenças significativas no tempo total de teste, na frequência cardíaca (FC) e no consumo de oxigênio. Porém, o

pico de concentração de lactato sanguíneo após o exercício foi maior em situação de dano.

Ao estudarem os efeitos do DMIE em um contrarrelógio de 30 minutos de corrida, 48 horas após 100 saltos em profundidade, Marcora e Bosio (2007), obtiveram resultados menores em distância percorrida sem alterações na PSE e na FC. Igualmente, Twist e Eston (2009) observaram, no contrarrelógio de cinco minutos em ciclo ergômetro, 48 horas após do exercício causador de DM (100 saltos contra movimento), valores menores de distância percorrida, VO_2 , potência pico, potência média e pico de concentração de lactato sanguíneo pós-exercício, mesmo sem demonstrar alterações significativas na PSE ou na FC. Ainda, Burt e Twist (2011), encontraram valores menores de VO_2 , potência média e distância percorrida em um contrarrelógio de 15 minutos em ciclo ergômetro, 48 horas após realizarem 100 saltos contramovimento, igualmente sem evidenciar aumentos significativos na PSE, porém, com diminuição da FC.

Assim como no contrarrelógio, o exercício com carga constante até a exaustão parece ser prejudicado com a presença do DM. Davies, Rowlands e Eston (2009) analisaram minuto a minuto o tempo de exaustão na intensidade de 70% entre o limiar ventilatório e o VO_{2max} (intensidade que os autores afirmam estar no domínio severo) antes e 48 horas após 100 agachamentos com 70% do peso corporal. Os resultados mostraram, em condição de DM, valores menores no tempo total até a exaustão e na concentração de lactato sanguíneo após o exercício, além de valores maiores na frequência ventilatória e na ventilação. Contrariando Marcora e Bosio (2007) e Twist e Eston (2009), foi observado um aumento significativo na PSE e uma tendência a aumento de FC ($0,05 < p < 0,10$), porém, vale lembrar que o exercício possuía carga constante.

O uso de contrarrelógios simulados é recomendado como uma medição mais apropriada e fidedigna de performance em provas de endurance (JEUKENDRUP et al 1996; TWIST e ESTON, 2009). Aparentemente, o desempenho em exercícios de contrarrelógio sob o efeito de DM parece ser prejudicado. Contudo, pode-se notar uma certa estabilização dos valores de PSE, o que sugere que, em condição de dano muscular, o indivíduo percebe o mesmo esforço, mas em uma intensidade inferior.

Com relação às concentrações sanguíneas de lactato, muitos estudos sugerem o uso da escala de PSE como uma maneira de estimar o limiar de lactato e as concentrações de lactato (STEED, GAESSER e WELTMAN, 1994; STOUDEMIRE et al, 1996). O aumento da PSE em

exercícios sob o efeito de dor muscular nos quais não há aumento de lactato sanguíneo pode indicar que, em situações de dor muscular tardia, a PSE não reflete precisamente as concentrações de lactato sanguíneo (SCOTT et al, 2003)

Ademais, tem-se observado que os mecanismos para o aumento do lactato sanguíneo após exercício causador de dano muscular envolvem um maior recrutamento de fibras do tipo II e uma dependência crescente de metabolismo anaeróbico para facilitar a ressíntese de adenosina trifosfato (ATP) durante o exercício (GLEESON et al, 1995; GLEESON et al, 1998; BRAUN e DUTTO, 2003; CHEN et al, 2007).

Inicialmente, Gleeson et al (1998) levantaram a hipótese de que o aumento da resposta de lactato após o exercício excêntrico seria mais pronunciado em exercícios de maior intensidade. Todavia, esta resposta não foi observada no contrarrelógio (TWIST e ESTON, 2009), tampouco no exercício em intensidade severa até a exaustão (DAVIES, ROWLANDS e ESTON, 2009).

2.5 RELAÇÃO DANO MUSCULAR x POTÊNCIA E CAPACIDADE ANAERÓBIAS

Já é sabido que o dano muscular provoca uma perda de força imediatamente após a indução de dano e que esta tende a se recuperar progressivamente com o passar do tempo (CLARKSON, NOSAKA e BRAUN, 1992). Porém, ainda são necessários estudos que verifiquem os efeitos do dano muscular na capacidade anaeróbia.

Um dos primeiros estudos que buscaram verificar os efeitos do DMIE na capacidade anaeróbia foi o de Byrne e Eston (2002). Os autores avaliaram o pico de força e o índice de fadiga de maneira isométrica (força de extensores de joelho em duas angulações diferentes (40 e 80 graus), sustentado por 60 segundos) e de maneira dinâmica (Potência pico e índice de fadiga no teste de Wingate) antes, 1 hora após, 1, 2, 3 e 7 dias após o exercício causador de dano muscular (10x10 agachamentos com 80% da carga utilizada em uma repetição máxima (1RM)).

A força isométrica diminuiu por 7 dias (35% em 1 hora e 5% em 7 dias) e o índice de fadiga de maneira isométrica foi menor durante 3 dias a 80 graus e durante 1 dia a 40 graus. A potência pico do Wingate também reduziu por 7 dias, embora em menor proporção que a força isométrica (apenas 13% em 1 hora).

Ademais, Twist e Eston (2005) observaram diminuição da Potência pico e conseqüente redução do índice de fadiga (verificado por 10 sprints de 6s em ciclo ergômetro) 30 minutos, 24, 48 e 72 horas após 10x10 saltos contra movimento. Além de redução no tempo médio de 10 sprints de 10m de corrida (com intervalo de 12s) 30 minutos, 24 e 48 horas após o exercício causador de DM, no tempo de corrida, os valores retornaram ao normal após 72 horas. E com isso, concluíram que após este protocolo de indução de dano muscular, a capacidade de gerar potência é reduzida por, pelo menos, 3 dias.

Mais recentemente foram publicados resultados divergentes por outros pesquisadores, Nottle e Nosaka (2007) estudaram as mudanças na potência anaeróbica (Teste de Wingate) 30 minutos, 24, 72 e 120 horas após o exercício causador de DM (40 minutos de corrida em plano declinado (-7%) em uma esteira). No estudo também foi mensurada a força máxima isométrica de extensores e flexores de joelho, em um ângulo de 60°. Os autores observaram uma diminuição da potência pico e da potência média no teste somente 30 minutos após o dano. Ademais, esta diminuição ainda foi de magnitude menor que a perda de força (~5% vs. ~15%). Assim, os autores concluíram que a diminuição da potência é menor que a diminuição de força após o exercício excêntrico e que esta redução da potência é insignificante.

Por fim, Gee et al (2011) conduziram um estudo com remadores em que os indivíduos deveriam realizar uma sessão de treinamento de força e, após 2, 24 e 48 horas, realizar testes de salto vertical partindo de posição estática agachada (*squat jump*) e efetuando um contramovimento antes do salto, além de um teste de potência de remada em um remo-ergômetro. Foram encontradas reduções significativas em todas as variáveis, nas três medições após a indução de dano.

Sendo assim, os efeitos do DMIE na potência anaeróbia ainda não estão claros. É possível que esta alteração se dê pela diferença dos protocolos, porém, é necessária a realização de mais estudos sobre esta temática para obtenção de dados mais concretos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Este estudo, quanto a sua natureza, caracteriza-se como uma pesquisa aplicada. De acordo com Thomas e Nelson (2002), a pesquisa aplicada tende a remeter a problemas imediatos, oferecendo assim, resultados de valor imediato, utilizando os chamados ambientes do mundo real, ou seja, utilizando os sujeitos e tendo controle limitado sobre o ambiente da pesquisa.

Em relação à abordagem do problema o estudo caracteriza-se como uma pesquisa quantitativa. Conforme Serapioni (2000), a abordagem quantitativa, atua em níveis de realidade e tem como objetivo trazer a luz dados, indicadores e tendências observáveis.

Quanto aos objetivos, classifica-se como uma pesquisa experimental, com *design de um experimento de séries temporais*. Este design é descrito por Campbell e Stanley (1979) e contaria com vários pré-testes e pós-testes, de acordo com o modelo a seguir, onde 0 significa o momento do teste e X representa o tratamento experimental:

$0_1 \ 0_2 \ 0_3 \ 0_4 \ X \ 0_5 \ 0_6 \ 0_7 \ 0_8$

Entretanto, por possuir apenas um pré-teste, o design deste estudo é o seguinte:

$0_1 \ X \ 0_2 \ 0_3 \ 0_4$

E por último, quanto aos procedimentos técnicos o estudo se enquadra como uma pesquisa empírica, quase-experimental. De acordo com Gil (1991), a pesquisa experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo e definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

3.2 SUJEITOS DO ESTUDO

A amostra foi do tipo intencional não-probabilística. O estudo foi realizado com 9 ciclistas bem treinados, do sexo masculino, com volume de treino superior a 6 horas semanais (média = $8,9 \pm 2,9$) e tempo de prática superior a 2 anos (média = $8,4 \pm 5,6$). Todos os riscos

associados com a participação nesta pesquisa foram informados aos participantes antes do início do estudo. O estudo foi submetido e aprovado pelo comitê de ética em pesquisa em seres humanos (CEPSH) da UFSC sob o número **1124/10** (Anexo A). Os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice A), autorizando a utilização de seus dados.

3.3 COLETA DE DADOS

Após o consentimento dos participantes, estes visitaram o laboratório cinco vezes para coleta de dados. Na primeira visita ocorreu uma avaliação antropométrica, para caracterização da amostra, e em seguida os sujeitos realizaram um teste incremental no ciclo ergômetro até a exaustão. Na segunda visita (*baseline*), os participantes realizaram os seguintes procedimentos, em ordem fixa: 1) verificação dos indicadores de dano muscular; 2) exercícios submáximos; 3) contrarrelógio e; 4) teste de Wingate. O Tempo entre a primeira e a segunda visitas, assim como entre a segunda e a terceira, foi de 2 a 7 dias.

Ao retornarem ao laboratório pela terceira vez, os sujeitos foram submetidos ao exercício causador de dano muscular e, após trinta minutos, repetiram os procedimentos da segunda visita. A quarta e a quinta visitas (respectivamente, 48 horas e 96 horas após a terceira) os participantes realizaram, novamente, os mesmos procedimentos da segunda visita.

Os participantes foram instruídos a não realizar nenhum exercício extenuante, tomar 2,5 L de água por dia, dormirem de 6 a 8 horas por dia e evitarem medicamentos analgésicos, antiinflamatórios, cafeína e bebidas alcoólicas, nas últimas 48h que antecedem a primeira visita e durante todo o experimento. Eles também foram instruídos a realizar uma refeição leve pelo menos 3 horas antes de comparecer ao laboratório. Todos os participantes realizaram seus testes no mesmo horário da primeira visita e em condições ambientais (temperatura e umidade relativa do ar) similares. A figura 1 apresenta um desenho esquemático do procedimento de coleta de dados.

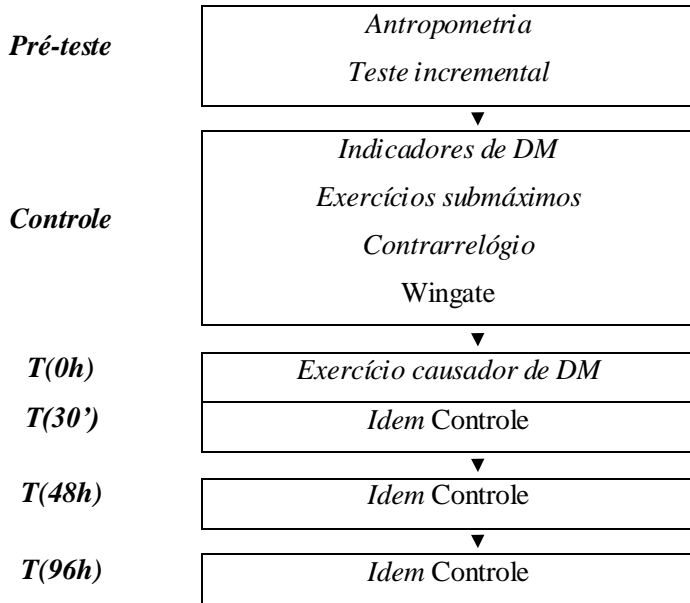


Figura 1. Desenho esquemático da coleta de dados, separado por grupos e por cronologia, onde T(t) significa o tempo em relação ao exercício causador de dano muscular.

3.3.1 Avaliação Antropométrica

Foram mensuradas as variáveis antropométricas de massa corporal e estatura, esta de acordo com a descrição de Gordon et.al (1991). As dobras cutâneas mensuradas foram: subescapular, tríceps, suprailíaca e perna medial. Estas foram medidas por um único avaliador certificado nível 1 pela *International Society for the Advancement of Kineanthropometry* (ISAK), de acordo com as padronizações propostas pela mesma em 2006 (ISAK, 2006).

Para determinação da densidade corporal foi utilizada a seguinte equação proposta por Petroski (2003) para homens de 18-66 anos.

$$D = 1,10726863 - 0,00081201(\sum 4DC) + 0,00000212((\sum 4DC)^2 - 0,00041761(ID))$$

Onde D = densidade corporal; $\sum 4DC$ = somatório de quatro dobras cutâneas (subescapular, tríceps, suprailíaca e perna medial); ID = idade (anos).

Após o emprego da fórmula apresentada, foi determinado o percentual de gordura através da fórmula proposta, em 1961, por Siri (MARINS e GIANNICHI, 2003):

$$\%G = [(4,95/D) - 4,50] \times 100$$

Onde %G = gordura corporal relativa; D = densidade corporal.

3.3.2 Determinação do VO_2 max e da potência máxima ($P_{\text{máx}}$)

O VO_2 max e a potência máxima foram mensurados usando um protocolo incremental realizado em ciclo ergômetro (Lode Medical Technology, Groningen, Holanda). O teste teve início com carga inicial de 100W e acréscimo de 30W a cada 3 minutos, em cadência livre, até a exaustão voluntária do participante.

O ar expirado (COSMED, QUARK PFT Ergo) e a frequência cardíaca (Polar, Kempele, Finlândia) foram monitorados continuamente no decorrer do teste. Antes do teste incremental, o sistema de análise de oxigênio (O_2) e dióxido de carbono (CO_2) foi calibrado usando ar ambiente e um gás com O_2 e CO_2 conhecidos, conforme instruções do fabricante. O VO_2 foi mensurado respiração a respiração durante todo o protocolo a partir do gás expirado. Posteriormente, os dados foram reduzidos a médias de 15s e o VO_2 max foi considerado como o maior valor de média de 15s obtida durante o teste. Para determinação do VO_2 max, os sujeitos cumpriram pelo menos dois dos três critérios a seguir: (1) quociente de troca respiratória (QR) maior que 1,1; (2) concentração de lactato sanguíneo maior que 8 mmol.L^{-1} , e (3) Frequência cardíaca (FC) de pico maior ou igual a 90% do máximo predito para a idade (TAYLOR, BUSKIRK e HENSCHERL, 1955 *apud* DENADAI, et al., 2007). A $P_{\text{máx}}$ foi determinada de acordo com a equação proposta por Kuipers et al (1985).

3.3.3 Indicadores de dano muscular

O dano muscular foi verificado a partir das seguintes medidas:

3.3.3.1 *Circunferências de coxa e perna*

Para verificar o inchaço da musculatura envolvida no exercício causador de dano muscular, foram verificadas as seguintes circunferências em cada sujeito:

- coxa proximal: 1 cm abaixo da prega glútea, com o sujeito em pé (Figura 2);



Figura 2. Ponto de medição da circunferência da coxa proximal.

- coxa média: metade da distância entre a prega inguinal e o bordo superior da patela, identificado com o sujeito sentado e medido com o mesmo em pé (Figura 3);



Figura 3. Ponto de medição da circunferência da coxa média.

- coxa distal: 4cm acima do bordo superior da patela, com o sujeito em pé (Figura 4);



Figura 4. Ponto de medição da circunferência da coxa distal

- panturrilha: maior circunferência da perna estando o sujeito em pé, com o peso distribuído igualmente nas duas pernas (Figura 5).



Figura 5. Ponto de medição da circunferência da panturrilha.

As medidas foram feitas com uma fita métrica inextensível (marca Vonder). Um mapa desenhado em uma transparência foi utilizado para identificar o mesmo ponto em todas as visitas.

3.3.3.2 *Percepção subjetiva de dor muscular tardia*

Cada sujeito determinou a dor por palpação do ventre muscular nos seguintes grupos musculares: glúteos, quadríceps, posteriores de coxa, panturrilha e tibiais anteriores na posição em pé

com os músculos relaxados, além de determinar, também, a dor percebida em posição estática em agachamento a 90 graus. A percepção subjetiva de dor foi classificada individualmente e apontada pelo sujeito numa escala Visual-Analógica (Anexo B). Esta era composta com uma linha de 10cm, não numerada, que continha as inscrições “Nenhuma dor”, no início, e “Dor Extrema”, no final. Os valores foram obtidos medindo a distância entre o ponto indicado pelo sujeito e o início da linha. Esta técnica já foi previamente utilizada com sucesso e reportada por outros pesquisadores (MARGINSON et al, 2005; TWIST e ESTON, 2005; TWIST e ESTON, 2009).

3.3.3.3 *Medida do torque isométrico de extensor de joelho*

A contração voluntária máxima isométrica dos extensores do joelho foi medida unilateralmente, apenas na perna direita, independentemente da destreza do sujeito. Os indivíduos sentaram em uma cadeira rígida, com o quadril posicionado em um ângulo de 90° e os joelhos em 60° (onde 0° correspondia a extensão completa do joelho) e foram orientados a fazer força máxima por três vezes, durante cinco segundos, contra as almofadas de uma cadeira extensora, posicionadas na parte proximal das articulações dos tornozelos. Esta estava ligada a uma célula de carga (Primax, modelo BTS), que mede tensão/compressão com capacidade de 2000 N, acoplada ao sistema de aquisição Miotec (Miotool 200/400 USB, Porto Alegre, RS). Foram dados dois minutos de repouso entre as tentativas. Durante as tentativas máximas, os sujeitos receberam estímulo verbal. A força máxima produzida durante cada uma das três tentativas foi gravada e a análise estatística utilizou a pontuação do maior platô de 2 segundos, observado no *software* Miograph 2.0, convertido em texto e analisado no *software* Matlab 2009.

3.3.4 Variáveis fisiológicas e metabólicas em repouso

Durante o período de testes, foram coletados os seguintes dados em situação de repouso: lactato sanguíneo, consumo de oxigênio (relativo e absoluto), frequência cardíaca, ventilação e quociente respiratório. Para tal, os sujeitos permaneceram, durante três minutos, imóveis na posição sentada.

3.3.5 Exercícios submáximos e contrarrelógio

Para o protocolo submáximo, o participante pedalou, no cicloergômetro em modo hiperbólico, com carga correspondente a 60 e 70% de $P_{\text{máx}}$, cada um por 5 min, iniciando com 60% de $P_{\text{máx}}$. O VO_2 , a produção de dióxido de carbono (VCO_2), a ventilação (VE), o quociente respiratório (QR), a FC e a PSE foram registrados no último minuto de cada carga de trabalho. Cada sujeito foi instruído a manter, durante os 5 minutos, a cadência média que o mesmo utilizou no teste incremental. O lactato sanguíneo foi medido em repouso, imediatamente após e 3 minutos após cada carga de trabalho submáxima a partir de uma amostra de sangue capilar colhida do lóbulo da orelha ($25\mu\text{L}$) em um capilar heparinizado, o qual foi analisado por meio um analisador automático (YSI 2700, Ohio, USA). Os participantes permaneceram sentados no cicloergômetro por 5 min entre os testes e foi sugerido que pedalassem com carga leve (50-70W) neste intervalo.

Após um período de recuperação de 5 minutos, os participantes realizaram um contrarrelógio de cinco minutos de duração. Ao início do teste, foram orientados a percorrer a maior distância possível dentro dos cinco minutos com o ergômetro no modo linear (que altera a potência de acordo com a cadência). Este tempo foi escolhido com base no protocolo utilizado em outro estudo semelhante (TWIST e ESTON, 2009). Durante o contrarrelógio, a média da cadência e de potência foram registradas.

A potência e a cadência (RPM) foram registradas continuamente durante o período de cinco minutos. O valor médio de potência total ($W_{\text{média}}$) e o valor médio durante cada minuto também foram calculados. Além disso, a distância percorrida durante o contrarrelógio de cinco minutos também foi registrada. A PSE foi medida a cada minuto, enquanto o VO_2 e a FC foram medidos continuamente durante todo o teste e, posteriormente, encontradas as médias de cinco minutos e de cada período de um minuto. O lactato sanguíneo foi coletado a partir de uma amostra de sangue capilar colhida do lóbulo da orelha ($25\mu\text{l}$) em zero, três e dez minutos após o exercício.

3.3.6 Wingate

O teste de Wingate teve início 10 minutos após o contrarrelógio. Os sujeitos foram instruídos a pedalar o mais rápido

possível em uma resistência correspondente a 7,5% da massa corporal. Os participantes foram verbalmente incentivados a manter a maior cadência possível durante os 30 segundos do teste. A potência pico ($P_{\text{pico}}^{\text{Win}}$), a potência média ($P_{\text{média}}^{\text{Win}}$) e o índice de fadiga (IF) foram calculados com o software Pedal Force Measurement (Lode Medical Technology, Groningen, Holanda).

3.3.7 Exercício causador de dano muscular

Na terceira visita ao laboratório, um protocolo de 100 saltos verticais foi utilizado para induzir dano muscular nos membros inferiores. Os indivíduos realizaram 10 séries de 10 saltos verticais máximos contínuos, separadas por um intervalo de 1 minuto. Foi solicitado aos indivíduos que procurassem atingir a máxima altura possível em todos os saltos. Ao longo de cada série, os sujeitos mantiveram suas mãos nos quadris e agacharam-se até atingir um ângulo do joelho próximo a 90° no início e no fim da série e entre cada salto. Ciclos alongamento-encurtamento realizados repetidos vezes de forma intensa são conhecidos por induzir um dano muscular significativo (KOMI, 2000), e protocolos semelhantes foram utilizados em pesquisas anteriores (TWIST e ESTON, 2005; TWIST e ESTON, 2009).

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos dados e, em seguida, a análise de variância (ANOVA) *one-way* de medidas repetidas com *post-hoc* de Tukey foi utilizada para analisar o comportamento dos indicadores de dano muscular (Circunferências de coxa (proximal, média e distal) e de perna, dor tardia e torque isométrico), assim como o das variáveis obtidas nos exercícios submáximos, no contrarrelógio ($VO_2^{\text{máx}}$, $VO_2^{\text{médio}}$ por minuto, $W_{\text{média}}$, potência média por minuto, VE , QR , FC , PSE , RPM , lactato sanguíneo ao final e após 3 e 9 minutos e distância percorrida durante o contrarrelógio) e no teste de Wingate ($P_{\text{pico}}^{\text{Win}}$, $P_{\text{média}}^{\text{Win}}$, e IF). Os dados estão expostos em média \pm desvio padrão (DP) e nos testes foi adotado um nível de significância de 5%.

4. RESULTADOS

Antropometria e Teste Incremental Máximo

A tabela 1 apresenta os valores médios e desvio padrão das variáveis de caracterização do grupo de 9 de ciclistas estudados, correspondentes à idade (anos), estatura (em centímetros (cm)), massa corporal (em kilogramas (kg)), gordura corporal relativa (%G), tempo de prática de ciclismo (anos) e volume de treino (horas por semana).

Tabela 1. Dados de idade, composição corporal e experiência com ciclismo dos sujeitos participantes da pesquisa.

Variável	Média ± DP
Idade (anos)	30,8 ± 6,4
Estatura (cm)	178 ± 4
Massa corporal (kg)	81,1 ± 4,6
Percentual de gordura (%)	16,0 ± 3,9
Tempo de prática (anos)	8,4 ± 5,6
Volume de treino (horas/semana)	8,9 ± 2,9

Os valores obtidos no teste incremental máximo – VO₂max (em mL.kg⁻¹.min⁻¹), VO₂max absoluto (em mL.min⁻¹), FC máxima (em bpm), P_{máx} (em watts), intensidade dos exercícios submáximos referentes a 60% da P_{máx} (em watts) e a 70% da P_{máx} (em watts) e cadência média (em rotações por minuto) – estão apresentados nas tabelas 2.

Tabela 2. Dados fisiológicos e metabólicos identificados no teste incremental.

Variável	Média ± DP
VO ₂ max (ml.kg-1.min-1)	55,2 ± 4,9
VO ₂ max absoluto (mL/min)	4462 ± 313
FCmax (bpm)	183 ± 7
P _{máx} (watts)	327,0 ± 28,5
60%P _{máx} (watts)	196,2 ± 17,1
70% P _{máx} (watts)	228,9 ± 19,9
Cadência média (rpm)	86,2 ± 6,8
60%P _{máx} : intensidade do primeiro exercício sub-máximo, referente a 60% da P _{máx} ; 70%P _{máx} : intensidade do segundo exercício submáximo, referente a 70% da P _{máx} .	

Indicadores de dano muscular

O protocolo de 100 saltos pliométricos se mostrou eficaz para promover diferenças significativas em dois dos três marcadores indiretos de lesão muscular. De fato, 48 horas após a indução de dano houve um aumento significativo na dor muscular percebida nos quadríceps ($p < 0,0001$), posteriores de coxa ($p < 0,01$), panturrilha ($p < 0,05$) e em agachamento ($p < 0,0001$), quando comparada com os demais momentos (Figura 6).

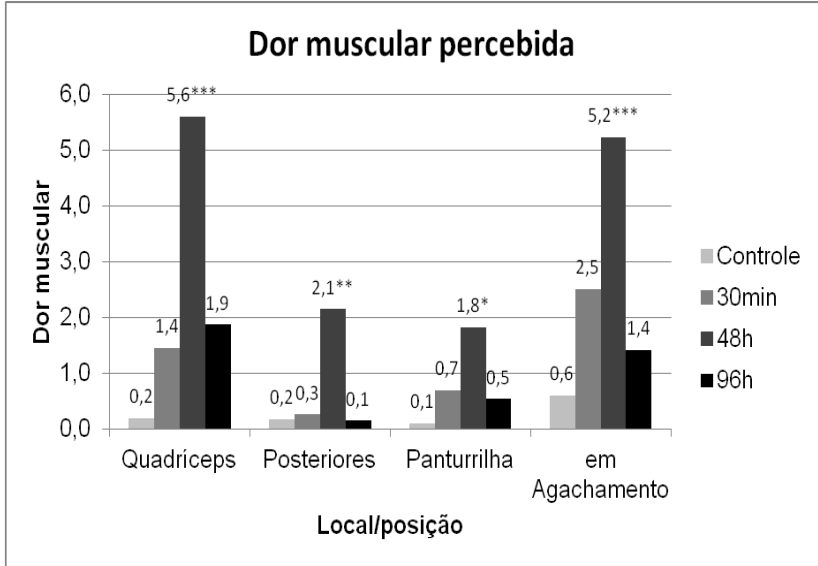


Figura 6. Gráfico da Percepção de dor muscular x tempo, em determinados grupos musculares e em agachamento. *, ** e *** representam diferença significativa ($p < 0,05$, $p < 0,01$ e $p < 0,001$, respectivamente) quando comparado aos demais momentos, no mesmo grupo muscular/posição.

O pico de torque isométrico foi menor 48 horas após a indução de dano quando comparado aos outros momentos de medição ($p < 0,05$), chegando a 13,66% quando comparado à situação controle (Figura 7). Nenhuma mudança significativa foi encontrada nas circunferências proximal, média e distal da coxa ou na circunferência de panturrilha.

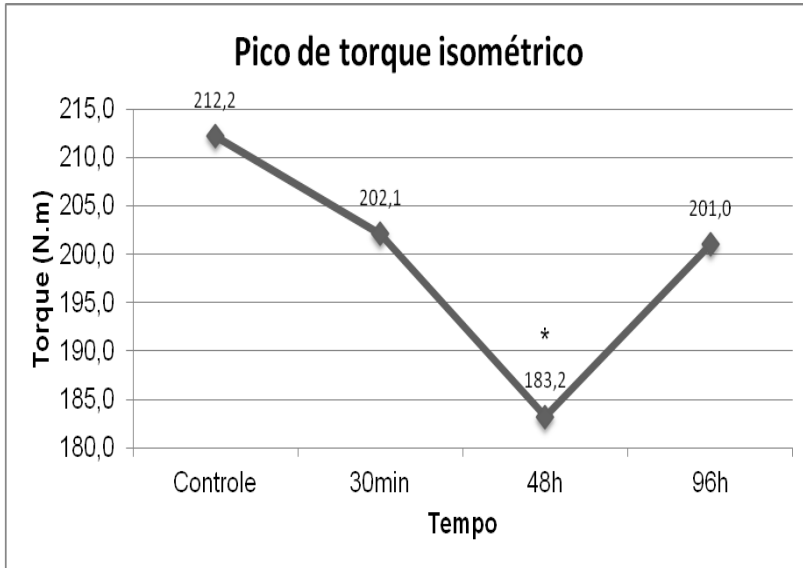


Figura 7. Gráfico do pico de torque isométrico x tempo. * $p < 0,05$ quando comparado aos demais momentos.

Variáveis fisiológicas e metabólicas em repouso

Nos valores de repouso foi encontrada diferença significativa no Lactato de repouso ($p=0,0107$), sendo que no controle o valor de Lactato foi menor que 30 minutos após a indução de dano muscular ($p < 0,01$ no post-hoc de Tukey) (Figura 8). Não foi encontrada diferença significativa nas demais variáveis (VO_2 , FC, VE, QR e VO_2 absoluto).

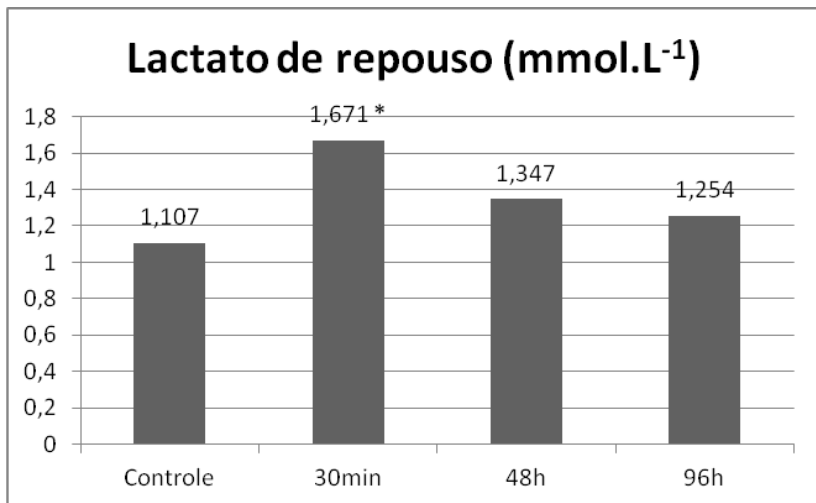


Figura 8. Gráfico das concentrações de Lactato em repouso x tempo.
* $p < 0,05$ quando comparado com a situação controle.

Exercícios submáximos

As tabelas 3 e 4, apresentam, respectivamente, as variáveis obtidas nos exercícios realizados a 60% e a 70% da $P_{\text{máx}}$.

Tabela 3. Efeitos do dano muscular nas respostas fisiológicas e metabólicas ao ciclismo submáximo a 60% da $P_{\text{máx}}$.

Variável	Controle	30min	48h	96h
VO_2 (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	39,9 ± 3,7	40,5 ± 3,6	39,4 ± 3,6	39,6 ± 3,4
VO_2 absoluto (mL.kg ⁻¹)	3227 ± 185	3271 ± 186	3180 ± 163	3201 ± 148
VCO_2 (mL.kg ⁻¹)	2719 ± 197	2824 ± 236	2802 ± 147	2832 ± 164*
VE (L.min ⁻¹)	68,800 ± 5,581	72,929 ± 7,985*	72,230 ± 5,261	73,114 ± 6,083*
FC (bpm)	136,1 ± 8,0	140,2 ± 6,5	137,6 ± 7,6	138,6 ± 8,5
QR	0,84 ± 0,04	0,86 ± 0,03	0,88 ± 0,03**	0,88 ± 0,03**
[La] 4º minuto (mmol.L ⁻¹)	1,88 ± 0,42	2,22 ± 0,45	2,06 ± 0,42	2,00 ± 0,32
[La] 3' rec (mmol.L ⁻¹)	1,35 ± 0,43	1,54 ± 0,31	1,49 ± 0,33	1,55 ± 0,27

VO_2 : consumo de oxigênio relativo ao peso corporal; VO_2 absoluto: consumo de oxigênio absoluto; VCO_2 : produção de dióxido de carbono; VE: ventilação; FC: frequência cardíaca; PSE: Percepção subjetiva de esforço; QR: quociente respiratório; [La] 4º minuto: concentração sanguínea de lactato no 4º minuto de exercício; [La] 3' rec: Concentração sanguínea de lactato três minutos após o final do exercício. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ comparado ao Controle.

Tabela 4. Efeitos do dano muscular nas respostas fisiológicas e metabólicas ao ciclismo submáximo a 70% da $P_{\text{máx}}$.

Variável	Controle	30min	48h	96h
VO_2 (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	44,8 ± 3,9	44,5 ± 3,8	43,9 ± 4,0	43,7 ± 3,2
VO_2 absoluto (mL.kg ⁻¹)	3617 ± 190	3598 ± 200	3551 ± 187	3534 ± 131
VCO_2 (mL.kg ⁻¹)	3081 ± 212	3178 ± 208	3172 ± 183	3173 ± 172
VE (L.min ⁻¹)	80,085 ± 5,650	85,461 ± 7,328*	83,190 ± 6,241	84,139 ± 7,684*
FC (bpm)	147,3 ± 7,2	152,8 ± 6,0*	149,1 ± 7,2	150,6 ± 8,2
QR	0,85 ± 0,03	0,88 ± 0,02*	0,89 ± 0,03**	0,90 ± 0,04**
[La] 4º minuto (mmol.L ⁻¹)	2,44 ± 0,62	3,12 ± 0,85*	2,63 ± 0,68	2,50 ± 0,38
[La] 3' rec (mmol.L ⁻¹)	1,72 ± 0,86	2,58 ± 0,75***	1,91 ± 0,63	1,99 ± 0,55

VO_2 : consumo de oxigênio relativo ao peso corporal; VO_2 absoluto: consumo de oxigênio absoluto; VCO_2 : produção de dióxido de carbono; VE: ventilação; FC: frequência cardíaca; PSE: Percepção subjetiva de esforço; QR: quociente respiratório; [La] 4º minuto: concentração sanguínea de lactato no 4º minuto de exercício; [La] 3' rec: Concentração sanguínea de lactato três minutos após o final do exercício. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ comparado ao Controle.

A percepção subjetiva de esforço obtida no último minuto dos exercícios submáximos a 60% e a 70% da $P_{\text{máx}}$ está apresentada na Figura 9.

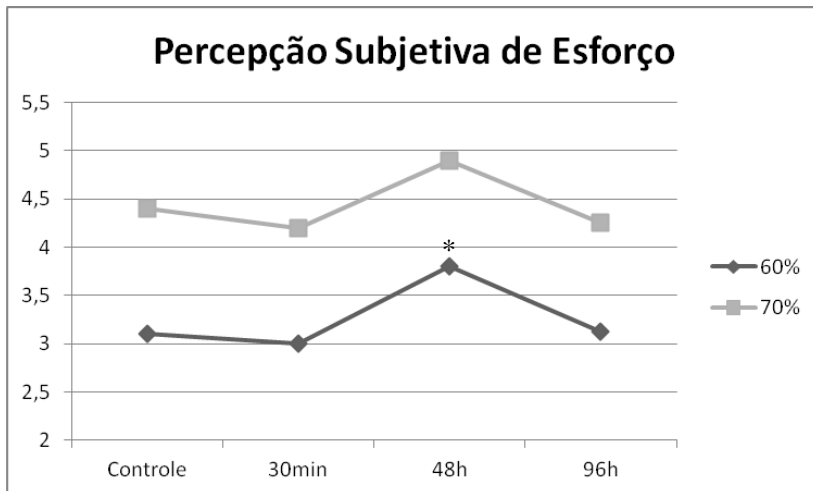


Figura 9. Gráfico da Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) em diferentes intensidades de exercício constante (60% e 70% da $P_{máx}$) x tempo. * $p \leq 0,05$ quando comparado a situação controle.

Contrarrelógio

Mesmo com a presença de DMIE, não foi encontrada diferença significativa em nenhuma variável quando a situação controle foi comparada com as demais situações.

Não foi encontrada diferença significativa nas variáveis relacionadas à performance aeróbia no contrarrelógio (Distância percorrida, Wmédia e cadência média). Dados expostos na Tabela 5.

Tabela 5. Efeito do dano muscular nas variáveis relacionadas a performance durante o contrarrelógio.

Variável	Controle	30min	48h	96h
Distância percorrida (m)	7048 ± 647	7048 ± 598	6996 ± 725	7202 ± 635
Wmédia (W)	352,2 ± 32,4	352,2 ± 29,9	349,6 ± 36,2	359,9 ± 31,7
Cadência média (rpm)	93,7 ± 4,6	93,6 ± 4,4	93,0 ± 4,8	94,7 ± 4,3

Wmédia: Média da potência durante os 5 minutos do contrarrelógio.

Teste de Wingate

As variáveis obtida no teste de Wingate (Potência pico, Potência Média e Índice de fadiga) não apresentaram diferença nas situações controle, 30 minutos, 48 horas e 96 horas (Tabela 6).

Tabela 6. Efeito do dano muscular nas variáveis do Teste de Wingate.

Variável	Controle	30min	48h	96h
P _{pico} Win	1453,8 ±	1440,4 ±	1358,2 ±	1406,3 ±
	114,8	170,1	299,6	182,7
P _{média} Win	768,6 ± 27,9	743,6 ± 40,5	735,5 ± 70,1	759,7 ± 19,6
IF	36,3 ± 3,7	34,8 ± 6,5	32,7 ± 6,9	34,7 ± 8,6

P_{pico}Win: Potência pico (em watts); P_{média}Win: Potência média (em watts); IF: Índice de Fadiga (em %)

5. DISCUSSÃO

De acordo com classificação proposta por Jeukendrup, Craig e Hawley (2000), os sujeitos participantes do estudo podem ser considerados ciclistas treinados, pois apresentam uma média de consumo máximo de oxigênio entre 4500 e 5000 mL.min⁻¹, tempo de experiência maior que 1 ano e, também, em função da potência máxima encontrada no teste incremental (entre 250 e 400 W). Sendo assim, este é o primeiro estudo a verificar, em ciclistas treinados, os efeitos do dano muscular na eficiência e nas performances aeróbia e anaeróbia.

Os aumentos na percepção de dor muscular (nos quadríceps, nos posteriores de coxa, nas panturrilhas e em agachamento) e a redução no pico de torque isométrico indicam que o exercício pliométrico selecionado foi efetivo em induzir sintomas de dano muscular, especialmente 48 horas após a indução. Os achados deste estudo são consistentes com outros que adotaram o exercício pliométrico para induzir o dano (TWIST e ESTON, 2009; BURT e TWIST, 2011), assim como é pertinente com outros métodos de indução de dano muscular (DAVIES, ROWLANDS e ESTON, 2009; CHEN et al, 2009b).

Apesar de alguns autores terem encontrado diferenças na circunferência do membro após exercícios causadores de dano muscular (CHAPMAN et al, 2006; CHEN et al, 2009a), neste estudo as medidas de circunferência de coxa e de panturrilha não apresentaram diferença significativa após o exercício de indução de dano muscular.

Resultado similar foi reportado por Marcora e Bosio (2007), que não obteve diferença significativa na circunferência de coxa, mas observou diferença em três de quatro indicadores de dano analisados (creatina-quinase, percepção de dor muscular, força de extensores de joelho e circunferências).

Os resultados observados nos indicadores de dano muscular confirmam, em parte, a primeira hipótese deste estudo. De fato, a percepção de dor muscular após 48 horas foi maior que as demais situações. Contudo, as circunferências não apresentaram diferença significativa e o torque isométrico teve sua maior redução também após 48 horas, ao contrário da hipótese que dizia que a perda de força atingiria seu pico em 30 minutos e retornaria progressivamente aos seus níveis normais.

Com relação às variáveis de repouso, a concentração de lactato sanguíneo após 30 minutos foi a única variável que apresentou diferença quando comparada à situação controle. A concentração elevada de lactato 30 minutos após os saltos pode ser explicada pela recuperação

incompleta dos próprios saltos. Este modelo de exercício gera aumentos significativos na frequência cardíaca, no consumo de oxigênio e no lactato sanguíneo (BROWN et al, 2010), porém, a concentração de lactato sanguíneo não retorna aos níveis de repouso em apenas 30 minutos após um exercício intenso (DENADAI, DENADAI e GUGLIELMO, 1996; CICIELSKI, 2008).

Desta forma, a segunda hipótese foi, também, parcialmente confirmada. Exceto pela concentração de lactato sanguíneo coletado 30 minutos após o exercício causador de dano muscular, as variáveis fisiológicas e metabólicas em repouso não sofreram alterações com a existência do DMIE em nenhum momento.

O principal achado deste estudo foi que a eficiência bruta (relativa ao consumo de oxigênio), em cargas de 60% e 70% da $P_{máx}$, não sofreu alterações durante o experimento, mesmo quando o DMIE atingiu seu pico, 48h após a indução de dano muscular. Pudemos observar que as performances aeróbia e anaeróbia também não sofreram alterações com a presença de dano muscular. De fato, estes achados estão de acordo com as observações realizadas em cicloergômetro por outros pesquisadores (SCOTT et al, 2003; DAVIES, ROWLANDS e ESTON, 2009). Apenas um estudo realizado com cicloergômetro (BURT e TWIST, 2011) e poucos em esteira (KYRÖLÄINEN et al, 2000; BRAUN e DUTTO 2003) identificaram alterações no consumo de oxigênio em situações de carga constante, nas quais havia presença do dano muscular.

Embora não tenha sido observada diferença no consumo de oxigênio durante os exercícios submáximos realizados a 60% da $P_{máx}$, foram observadas alterações significativas na percepção subjetiva de esforço (após 48 horas), na produção de dióxido de carbono (após 96 horas), no quociente respiratório (após 48 e após 96 horas) e na ventilação (após 30 minutos e após 96 horas).

Da mesma maneira, não foi encontrada diferença no consumo de oxigênio em exercícios realizados a 70% da $P_{máx}$. Nesta intensidade o DMIE provocou diversas alterações após 30 minutos (ventilação, frequência cardíaca e concentrações de lactato no último minuto de exercício e no terceiro de recuperação), enquanto após 48 horas apenas o quociente respiratório se mostrou diferente e após 96 horas o quociente respiratório e a ventilação.

Estes achados confirmam a terceira hipótese deste estudo, que afirmava que o dano muscular não causaria alterações na eficiência bruta dos ciclistas.

A atividade muscular submáxima depende principalmente das fibras tipo I (KRAUS, TORGAN e TAYLOR, 1994). Ademais, estudos anteriores têm demonstrado que fibras do tipo II podem ser mais suscetíveis a lesões por exercício excêntrico máximo, em comparação com fibras tipo I (JONES et al, 1986; ASP et al, 1998). É pertinente argumentar, portanto, que as fibras musculares do tipo I podem não ter sido suficientemente afetadas durante o exercício pliométrico, mantendo padrões normais de recrutamento e função metabólica durante os exercícios submáximos utilizados para a avaliação da eficiência bruta.

As variações na concentração sanguínea de lactato observadas a 70% da $P_{\text{máx}}$ podem ser referentes à elevada concentração de lactato pré-exercício – que já havia sido evidenciada com a medição de lactato em repouso –, acentuada pela alta intensidade do exercício, que foi muito próxima do Limiar anaeróbio dos ciclistas (encontrado a $73,26 \pm 8,37\%$ da $P_{\text{máx}}$).

O controle ventilatório envolve complexos mecanismos, relacionados a uma combinação de atividade central e feedback aferente, porém, estes ainda não estão claramente compreendidos. No entanto, sabe-se que a ventilação parece aumentar em resposta a estímulos de dor (HAOUZI et al, 2004). Assim, a dor muscular local, que ocorre como resultado de exercícios excêntricos (como observado no presente estudo), poderia ter um efeito estimulante sobre a ventilação.

Tem sido proposto que os grupos III e IV de fibras aferentes, localizados dentro e ao redor dos vasos sanguíneos do músculo que é exercitado, estão envolvidos em uma modulação da resposta ventilatória (HAOUZI et al, 2004). A distensão dos vasos sanguíneos após o exercício excêntrico provocaria uma descarga das fibras aferentes, levando a um aumento da ventilação. Logo, o monitoramento neural de eventos vasculares periféricos e musculares pode, em parte, explicar a resposta ventilatória aumentada observada.

Hotta et al (2006) sugerem que mudanças nos fatores neurais alteram não só a resposta ventilatória, mas também a geração de força. Após o exercício excêntrico, uma maior ativação da unidade motora pode ser necessária para atingir uma determinada força submáxima (SEMMLER et al, 2007). Da mesma forma, uma maior sensação de esforço é relatada ao produzir uma força específica após o exercício excêntrico (PROSKE et al, 2004). Consistente com essas observações, os indivíduos no presente estudo relataram índices mais elevados de percepção de esforço (PSE) durante exercício a 60% da $P_{\text{máx}}$.

Embora tenham sido observadas poucas alterações significativas no VCO_2 (apenas entre a situação controle e após 96 horas

em exercício a 60% da $P_{\text{máx}}$) e nenhuma no VO_2 , curiosamente, o resultado da divisão entre estas variáveis respiratórias (QR) foi estatisticamente diferente sob condição de DMIE tanto a 60% como a 70% da $P_{\text{máx}}$.

O possível mecanismo responsável por estas mudanças pode ser uma elevada (porém não significativa) utilização de oxigênio muscular (e conseqüente elevada produção de CO_2) após o DMIE, necessário para o processo de reparo da musculatura (AHMADI, SINCLAIR e DAVIS, 2008). Entretanto, este mecanismo ainda não está bem esclarecido pela literatura e existe necessidade de mais estudos sobre o assunto para melhor compreensão do mesmo.

No contrarrelógio não foram encontradas diferenças significativas em nenhuma variável referente à performance dos participantes (distância percorrida, $W_{\text{média}}$ e cadência média). Este resultado foi divergente dos outros estudos que analisaram os efeitos do DMIE em contrarrelógios (MARCORA e BOSIO, 2007; TWIST e ESTON, 2009, BURT e TWIST, 2011) ou em exercícios no domínio severo (DAVIES, ROWLANDS e ESTON, 2009).

Em adição, com exceção do trabalho de Burt e Twist (2011), estes estudos observaram um aumento da PSE quando o exercício foi realizado 48 horas após o exercício causador de dano muscular. O que não pôde ser evidenciado no presente estudo.

Entretanto, a comparação entre estes estudos se torna difícil, tendo em vista a grande diferença metodológica utilizada. Embora também tenham analisado a performance no contrarrelógio, Marcora e Bosio (2007) realizaram um contrarrelógio de 30 minutos na esteira com estudantes. Burt e Twist (2011) avaliaram a performance em um contrarrelógio de 15 minutos, em estudantes; Twist e Eston (2009), apesar de terem realizado o contrarrelógio com a mesma duração e com o mesmo cicloergômetro deste estudo, avaliaram indivíduos fisicamente ativos, mas não ciclistas.

Outra situação a ser observada é a não-especificidade do modo linear do cicloergômetro, utilizado para o contrarrelógio. No modo linear a seguinte fórmula é aplicada, de acordo com as instruções do fabricante:

$$W = Lx(rpm)^2$$

Onde W é a carga, L é o fator linear (*linear factor*, no inglês) e rpm é o número de rotações por minuto.

Neste modo o ergômetro age como um ergômetro mecanicamente freado, em que o aumento da cadência gera um aumento da carga (JEUKENDRUP, 1996).

Em uma prova de ciclismo, o atleta consegue alterar a relação coroa-catraca e controlar a carga e a cadência, deixando-as mais apropriadas para o controle da velocidade em dada circunstância. Desta forma, um aumento de cadência não gera, obrigatoriamente, um aumento da carga. Sendo assim, o modo linear não se aproxima de uma prova de ciclismo. Cabe salientar que os próprios participantes, ciclistas experientes, comentaram esta diferença de um contrarrelógio “real” para o contrarrelógio realizado.

Tendo em vista esta limitação do modelo, julgamos que seja necessário, em futuras pesquisas com ciclistas, uma ou mais familiarizações com o cicloergômetro no modo linear antes dos testes, objetivando reduzir esta diferença e permitindo que os ciclistas possam elaborar sua própria “estratégia” para a execução deste contrarrelógio com características diferentes das habituais. Este tipo de familiarização já foi utilizado por outros pesquisadores, que realizaram dois ou mais contrarrelógios antes da coleta de dados definitiva (BERARDI, NOREEN e LEMON, 2008; AISBETT et al, 2009; CORBETT et al, 2011).

Na análise minuto-a-minuto não foram encontradas diferenças significativas em nenhuma variável analisada (VO_2 , FC, PSE, VE, VO_2 absoluto e potência média) entre a situação controle e as demais. Diferentemente, Burt e Twist (2011), que também fizeram análise do contrarrelógio com tempo fracionado encontraram diminuição da potência durante 60% do tempo do contrarrelógio (os primeiros 9 de um total de 15 minutos) em situação de DMIE. Esta diferença pode estar associada à diversas particularidades metodológicas, como a duração do contrarrelógio (5 minutos vs. 15 minutos), o nível dos sujeitos (ciclistas treinados vs. estudantes universitários) ou o design do estudo (um experimento de séries temporais vs. com grupo de controle com pré e pós-teste).

Twist e Eston (2009) avaliaram apenas a PSE minuto a minuto durante o contrarrelógio e não encontraram diferença entre antes e após o exercício causador de dano muscular, resultados que corrobora com nossos achados.

Segundo Davies, Rowland e Eston (2009), a complexa interação de fatores centrais e periféricos relacionados à fadiga é de grande importância na determinação do desempenho de um sujeito. No entanto, embora a decisão do participante de concluir o exercício seja um comportamento consciente, ela é baseada no sistema subconsciente de controle homeostático, que percebe as alterações que ocorrem durante o exercício (St CLAIR GIBSON et al. 2003).

Enfim, por se tratarem de ciclistas treinados, com experiência para se adaptar rapidamente a uma condição adversa, a estratégia de recrutamento motor parece ser uma explicação considerável para a manutenção da performance no contrarrelógio.

A performance anaeróbia, analisada com base nas variáveis potência pico, potência média e índice de fadiga, obtidas através do teste de Wingate, não apresentou diferença significativa neste estudo.

Estes resultados são controversos ao que foi encontrado na literatura. Outros pesquisadores, ao estudarem os efeitos do DMIE, encontraram redução na capacidade de gerar potência em testes de campo e saltos (TWIST e ESTON, 2005; GEE et al, 2011) e, igualmente, em testes de laboratório em cicloergômetro (TWIST e ESTON, 2005), inclusive com o mesmo teste de Wingate (BYRNE e ESTON, 2002).

Entretanto, os resultados deste trabalho foram semelhantes com os de Nottle e Nosaka (2007), que identificaram diferença na performance do Wingate apenas 30 minutos após o exercício causador de dano muscular (no caso, corrida em plano inclinado), mas não foi observada redução de performance nas 24-120 horas após a indução de dano.

A potência é definida como a capacidade de gerar trabalho num período de tempo ($P=T/t$). Este trabalho pode ser entendido como a força aplicada para realizar um deslocamento (Fxd), o que fornece a seguinte relação: $P=Fxd/t$. Sendo a velocidade uma razão do deslocamento pelo tempo (d/t), então a potência é igual ao produto da Força pela Velocidade, ($P=FxV$). Ou seja, do ponto de vista da física, a potência é totalmente dependente da força.

Contudo, de maneira curiosa, não foram encontradas diferenças na $P_{\text{pico Win}}$ e na $P_{\text{média Win}}$, mas foi encontrada diferença no pico de torque isométrico ($p<0,05$).

A diferença entre os resultados de força e potências podem ser explicadas, ao menos parcialmente, pela diferença na cinemática dos dois testes. Sabe-se que durante um movimento de agachamento – realizado, neste estudo, durante todas as aterrissagens e impulsões dos saltos – são ativados, predominantemente, os músculos: glúteo máximo, quadríceps e gastrocnêmio, além dos posteriores de coxa (ISEAR, ERICKSON, e WORRELL, 1997).

O protocolo de teste de força adotado no presente estudo teve como alvo os extensores do joelho. Em contraste, durante o ciclismo no teste de Wingate, não só os extensores do joelho, mas também os flexores de joelho e os extensores e flexores do quadril e da articulação

do tomozelo contribuem para a produção de energia mecânica (GREGOR, KOMI e JARVTNEN, 1987; HULL e HAWKINS, 1990; RAASCH et al, 1997).

Portanto, somente o quadríceps participa dos dois movimentos utilizados para as mensurações de força e potência no presente estudo. Isto pode explicar porque uma diminuição significativa da força foi observada apenas nos extensores de joelho. A grande contribuição de outros músculos na execução do gesto técnico de pedalada pode explicar a não-redução observada nas variáveis $P_{\text{pico}} \text{Win}$ e $P_{\text{média}} \text{Win}$.

Em adição, foi demonstrado anteriormente que, após exercício excêntrico, ocorrem maiores diminuições na geração de força isométrica, em comparação com a geração de força isocinética, possivelmente devido ao armazenamento e liberação de energia elástica (HORTOBAYGI, LAMBERT E KROLL, 1991; BOBBERT et al, 1996; HORTOBAYGI et al, 1998). Por fim, considerando que os decréscimos no exercício com movimento são de menor magnitude e recuperam-se mais rapidamente que aqueles no exercício isométrico, o efeito do exercício excêntrico na potência pode não afetar o desempenho da mesma.

O fato do teste de Wingate ter sido realizado após os exercícios submáximos e o contrarrelógio (e, possivelmente, com o sujeito fadigado) não deve ser a causa para esta divergência de resultados. Há evidências, na literatura, que a ativação neuromuscular fica comprometida durante 30 minutos a 4 horas após a realização de exercícios aeróbios prolongados e/ou até a exaustão (MILLET et al, 2003; PLACE et al, 2004; PRESLAND, DOWSON e CAIRNS, 2005; KREMENIC t al, 2009). Todavia, este comprometimento está associado com o tipo e a velocidade de contração, sendo que a contração concêntrica de alta velocidade (justamente a realizada no teste de Wingate) não sofre alterações com o exercício aeróbio prolongado até a exaustão (DENADAI et al, 2007a; DENADAI et al, 2007b)

Em adição, em testes realizados em nosso laboratório foi observado que a performance no teste de Wingate, especificamente, não parece se alterar quando realizado após exercícios aeróbios até a exaustão (dados ainda não publicados).

Ademais, 70 a 80% da energia utilizada durante os 30 segundos do teste de Wingate é proveniente do sistema anaeróbio (CALBET, CHAVARREN e DORADO, 1997; PAROLIN et al, 1999). Sendo assim, estima-se que a recuperação de 10 minutos realizada antes do Wingate foi suficiente para recuperar totalmente o sistema anaeróbio alático – que recupera completamente após 5 a 10 minutos (POWERS e

HOWLEY, 2005) –, reforçando a afirmação que o exercício anterior não prejudicou a P_{pico} Win no teste de Wingate.

Sendo assim, a utilização de uma estratégia diferente de recrutamento motor, possível pelo nível dos sujeitos (ciclistas treinados), parece ser uma explicação considerável, também, para a manutenção da performance no teste de Wingate.

Os resultados encontrados de potência e capacidade anaeróbia não confirmam a quinta hipótese deste estudo, a qual esperava que o dano muscular causaria alterações nas variáveis de potência pico, potência média e índice de fadiga no teste de Wingate.

Somando-se à não-especificidade do contrarrelógio e à ausência de familiarização com o mesmo (acima mencionada), pode-se destacar a ausência de marcadores bioquímicos para identificação da magnitude do DMIE como uma limitação do estudo.

Embora já esteja bem elucidado na literatura que a dor muscular e a perda de força são marcadores confiáveis, a utilização de um marcador bioquímico, como a creatina quinase, daria mais confiabilidade para identificar e quantificar a presença de dano muscular no presente estudo.

Igualmente, o número de sujeitos pode ser considerado, em parte, uma limitação. Uma amostra mais representativa forneceria informações mais concretas e, possivelmente, algumas tendências encontradas poderiam tornar-se diferenças estatísticas.

Embora este estudo não tenha observado diferença na performance do ciclismo, foi encontrada uma diferença na percepção de esforço em intensidade submáxima de 60% da $P_{\text{máx}}$. Sabendo que, no ciclismo, a percepção de esforço está relacionada à dor (JAMESON e RING, 2000) e que a decisão de manter o exercício seja algo consciente, mesmo que baseada no sistema subconsciente de controle homeostático (St CLAIR GIBSON et al. 2003), o DMIE pode vir a dificultar a manutenção de uma dada intensidade submáxima durante o treinamento, ou mesmo em provas de longíssima duração.

Sendo assim, estratégias para atenuar os efeitos do DMIE já foram pesquisadas e podem ser úteis para redução de dor muscular e para recuperar a máxima função muscular dos músculos o mais rápido possível. Cheung, Hume e Maxwell (2003), em um estudo de revisão, citam algumas estratégias que podem ser benéficas, como: medicamentos antiinflamatórios não-esteróides; massagem, sendo dependente do tipo e do tempo de massagem; exercício, que parece ser o

método mais efetivo, mas possui efeito analgético temporário. Ao mesmo tempo, os autores apresentam alguns tratamentos que não foram efetivos, como crioterapia, alongamento, homeopatia, ultrassom e corrente elétrica.

Mais recentemente, alguns estudos têm observado que a suplementação imediatamente após pode minimizar ou não os efeitos do DMIE (GREER et al, 2007; DA LUZ et al, 2011; COCKBURN et al, 2012). Porém, estes resultados são controversos e ainda não é possível chegar a um consenso.

6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa, pode-se concluir que:

1. O DMIE não prejudicou a eficiência bruta em intensidades submáximas quando avaliada 30 minutos, 48 horas e 96 horas após o exercício causador de dano muscular.
2. A indução de dano muscular não prejudicou a performance aeróbia (potência) realizada próxima ao $VO_2\text{max}$, avaliada durante um contrarrelógio de cinco minutos.
3. A potência e a capacidade anaeróbias não sofrem alterações com a presença de DMIE, conforme demonstrado pela ausência de diferença na potência pico e média durante o teste de *Wingate*.

REFERÊNCIAS

AAGAARD, P.; ANDERSEN, J. L.; BENNEKOU, M.; LARSSON, B.; OLESEN, J. L.; CRAMERI, R.; et al. Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fiber composition in young top-level cyclists. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**. *In press*, 2011.

AHMADI S.; SINCLAIR, P. J.; DAVIS, G. M. Muscle oxygenation after downhill walking-induced muscle damage. **Clinical Physiology and Functional Imaging**. v. 28, n.1 , p. 55–63, 2008.

AISBETT, B.; LE ROSSIGNOL, P.; McCONNELL, G. K.; ABBISS, C. R.; SNOW, R. Effects of starting strategy on 5-min cycling time-trial performance. **Journal of Sports Sciences**. v. 27, n. 11, p. 1201-1209, 2009.

ARMSTRONG, N.; WELSMAN, J.R. Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. **Exercise and Sport Sciences Reviews**. v. 22, p. 435-76, 1994.

ASP, S.; DAUGAARD, J. R.; KRISTIANSEN, S.; KIENS, B.; RICHTER, E. A. Exercise metabolism in human skeletal muscle exposed to prior eccentric exercise. **Journal of Physiology**. v. 509, p. 305–313, 1998.

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

ASTRAND, P. O.; RODAHL, K. **Textbook of work physiology**. New York: McGraw Hill, 1986

BARROS NETO, T. L.; TEBEXRENI A. S.; TAMBEIRO, V. L. Aplicações práticas da ergoespirometria no atleta. **Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo**, v. 11, n. 3, p.695-705, 2001.

BASTIAANS, J. J.; VAN DIEMEN, A. B.; VENEBERG, T.; JEUKENDRUP, A. E. The effects of replacing a portion of endurance

training by explosive strength training on performance in trained cyclists. **European Journal of Applied Physiology**. v. 86, p. 79–84, 2001.

BASTIAANS, J. J.; VAN DIEMEN, A. B.; VENEBERG, T.; JEUKENDRUP, A. E. The effects of replacing a portion of endurance training by explosive strength training on performance in trained cyclists. **European Journal of Applied Physiology**. v. 86, n. 1, p. 79-84, 2001.

BECK, T. W.; HOUSH, T. J.; JOHNSON, G. O.; COBURN, J. W.; MALEK, M. H.; CRAMER, J. T. Effects of a drink containing creatine, amino acids, and protein combined with ten weeks of resistance training on body composition, strength, and anaerobic performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 21, p. 100–104, 2007.

BERARDI, J. M.; NOREEN, E. E.; LEMON, P. W. Recovery from a cycling time trial is enhanced with carbohydrate-protein supplementation vs. isoenergetic carbohydrate supplementation. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**. v. 5, p. 24, 2008.

BERRY, M. J.; STORSTEEN, J. A.; WOODARD, C. M. Effects of body mass on exercise efficiency and VO₂ during steady-state cycling. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 25, n. 9, p.1031-7, 1993.

BISHOP, D.; JENKINS, D. G.; MACKINNON, L. T.; MCENIERY, M.; CAREY, M. F. The effects of strength training on endurance performance and muscle characteristics. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 31, n. 6, p. 886-891, 1999.

BOBBERT, M. F.; GERRITSEN, K. G. M.; LITJENS, M. C. A. VAN SOEST, A. J. Why is countermovement jump height greater than squat jump height? **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 28, n. 11, p. 1402-1412, 1996.

BRAUN, W. A.; DUTTO, D. J. The effects of a single bout of downhill running and ensuing delayed onset of muscle soreness on running economy performed 48 h later. **European Journal of Applied Physiology**. v. 90, p. 29–34, 2003.

BROWN, G. A.; RAY, M. W.; ABBEY, B. M.; SHAW, B. S.; SHAW, I. Oxygen consumption, heart rate, and blood lactate responses to an acute bout of plyometric depth jumps in college-aged men and women. **Journal of Strength and Conditioning Research**. n. 24, v. 9, p. 2475-2482, 2010.

BURT, D. G.; TWIST, C. The effects of exercise induced muscle damage on cycling time-trial performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 25, n. 8, 2185-2192, 2011.

BYRNE, C.; ESTON, R. Maximal-intensity isometric and dynamic exercise performance after eccentric muscle actions. **Journal of Sports Sciences**. v. 20, n. 12, p. 951-959, 2002.

BYRNE, C.; TWIST, C.; ESTON, R. Neuromuscular Function After Exercise-Induced Muscle Damage: Theoretical and Applied Implications. **Sports Medicine**, v. 34, n. 1, p. 49-69, 2004.

CALBET, J. A. L.; CHAVARREN, J.; DORADO, D. Running economy and delayed onset muscle soreness. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v. 41, p. 18-26, 2001.

CALBET, J. A.; CHAVARREN, J.; DORADO, C. Fractional use of anaerobic capacity during a 30- and a 45-s Wingate test. **European Journal of Applied Physiology**. v. 76, p. 308-313, 1997.

CAMPBELL, D. T.; STANLEY, J. C. **Delineamentos experimentais e quase-experimentais de pesquisa**. São Paulo, SP: EPU, 1979.

CAPUTO, F.; OLIVEIRA, M.F.M.; GRECO, C.C.; DENADAI, B.S. Exercício aeróbio: Aspectos bioenergéticos, ajustes fisiológicos, fadiga e índices de desempenho. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v.11, p. 94-102, 2009.

CHAPMAN, D. W.; NEWTON, M.; MCGUIGAN, M.; NOSAKA, K. Effect of Lengthening Contraction Velocity on Muscle Damage of the Elbow Flexors. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 40, n. 5, p. 926-933, 2008.

CHAPMAN, D. W.; NEWTON, M.; SACCO, P.; NOSAKA, K. Greater Muscle Damage Induced by Fast Versus Slow Velocity Eccentric

Exercise. **International Journal Sports Medicine**, v. 27, p. 591-598, 2006.

(a) CHEN, T. C.; CHEN, H.; LIN, M.; WU, C.; NOSAKA, K. Muscle damage responses of the elbow flexors to four maximal eccentric exercise bouts performed every 4 weeks. **European Journal of Applied Physiology**, v. 106, p. 267-275, 2009.

(b) CHEN, T. C.; NOSAKA, K.; LIN, M.; CHEN, H.; WU, C. Changes in running economy at different intensities following downhill running. **Journal of Sports Sciences**. v. 27, n. 11, p. 1137-1144, 2009.

CHEN, T. C.; CHUNG, C.; CHEN, H. WU, C. Effects of a 4-day low-intensity run after downhill running on recovery of muscle damage and running economy. **Journal of Exercise Science & Fitness**. V. 5, n. 1. p. 24-32, 2007.

CHEN, T. C.; NOSAKA, K.; TU, J-H. Changes in running economy following downhill running. **Journal of Sports Sciences**. v. 25, p. 55-63, 2007.

CHEUNG, K.; HUME, P.; MAXWELL, L. Delayed onset muscle soreness : treatment strategies and performance factors. **Sports Medicine**. v. 33, n. 2, p. 145-64, 2003.

CHROMIAK, J. A.; SMEDLEY, B.; CARPENTER, W.; BROWN, R.; KOH, Y. S.; LAMBERTH, J. G.; JOE, L. A.; ABADIE, B. R.; ALTORFER, G. Effect of a 10-week strength training program and recovery drink on body composition, muscular strength and endurance, and anaerobic power and capacity. **Nutrition** v. 20, p. 420-427, 2004.

CHTARA, M.; CHAMARI, K.; CHAOUACHI, M.; CHAOUACHI, A.; KOUBAA, D.; FEKI, Y.; MILLET, G. P.; AMRI, M. Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. **British Journal of Sports Medicine**. v. 39, n. 8, p. 555-560, 2005.

CICIELSKI, P. É. C.; MATSUSHIGUE, K. A.; BERTUZZI, R. C. M.; WRUBLEVSKI, M. J. A resposta do lactato sanguíneo após o exercício de alta intensidade não é dependente da capacidade aeróbia. **Revista da Educação Física/UEM Maringá**, v. 19, n. 4, p. 565-572, 2008.

CLARKSON, P. M.; APPLE, F. S.; BYRNES, W. C. McCORMICK, K. M.; TRIFFLETTI, P. Creatine Kinase isoforms following isometric exercise. **Muscle and Nerve**. v. 14, p. 41-44, 1987.

CLARKSON, P. M.; HUBAL, M. J. Exercise-induced muscle damage in humans. **American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation**. v. 81, Suppl, p. S52-S69, 2002.

CLARKSON, P. M.; NOSAKA, K.; E BRAUN, B. Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. V. 24, n. 5, p. 512-520, 1992.

CLARKSON, P. M.; TREMBLAY, I. Rapid adaptation to exercise induced muscle damage. **Journal of Applied Physiology**. V. 65, p. 1-6, 1988.

COCKBURN, E.; ROBSON-ANSLEY, P.; HAYES, P. R.; STEVENSON, E. Effect of volume of milk consumed on the attenuation of exercise-induced muscle damage. . **European Journal of Applied Physiology**. Publicado online em 7 de janeiro, 2012.

CORBETT, J.; BARWOOD, M. J.; OUZOUNOGLU, A.; THELWELL, R.; DICKS, M. Influence of Competition on Performance and Pacing During Cycling Exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. Aceito em 3 de setembro de 2011 [no prelo]

COUTTS, A.; REABURN, P.; ABT, G. Heart rate, Blood lactate concentration and estimated energy expenditure in a semi-professional rugby league team during a match: a case study. **Journal of Sports Sciences**. v. 21, p. 97-103. 2003.

COYLE, E. F. Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. **Exercise and Sports Sciences Reviews**. v. 23, p. 25-63, 1995.

COYLE, E. F.; SIDOSSIS, L. S.; HOROWITZ, J. F.; BELTZ, J. D. Cycling efficiency is related to the percentage of type I muscle fibers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 24, n. 7, p.782-8, 1992.

DA LUZ, C. R.; NICASTRO, H.; ZANCHI, N. E.; CHAVES, D. F.; LANCHI, A. H. Jr. Potential therapeutic effects of branched-chain amino acids supplementation on resistance exercise-based muscle damage in humans. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**. v. 14, n. 8, p. 23, 2011.

DAVIES, R. C.; ROWLANDS, A. V.; ESTON, R. G. Effect of exercise-induced muscle damage on ventilatory and perceived exertion responses to moderate and severe intensity cycle exercise. **European Journal of Applied Physiology**. v. 107, p. 11-19, 2009.

DENADAI, B. S. **Índices Fisiológicos de Avaliação Aeróbia: Conceitos e Aplicações**. Ribeirão Preto: B. S. D.. 1999.

DENADAI, B. S.; DENADAI, M. L. D. R.; GUGLIELMO, L. G. A. Taxa de remoção do lactato sanguíneo durante a recuperação passiva: efeitos do tipo de exercício e da capacidade aeróbia. **Revista Paulista de Educação Física**. v. 10, n. 2, p. 113-121, 1996.

(a) DENADAI, B. S.; GRECO, C. C.; TUFIK, S.; MELLO, M. T. Effects of high intensity running to fatigue on isokinetic muscular strength in endurance athletes. **Isokinetics and Exercise Science**. v. 15, p. 281-285, 2007.

(b) DENADAI, B. S.; GRECO, C. C.; TUFIK, S.; MELLO, M. T. Effects of prolonged running performed at the intensity corresponding to the onset of blood lactate accumulation, on maximum isokinetic strength in active non-athletic individuals. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. v. 11, n. 3, p. 221-226, 2007.

GEE, T. I.; FRENCH, D. N.; HOWATSON, G.; PAYTON, S. J.; BERGER, N. J.; THOMPSON, K. G. Does a bout of strength training affect 2,000 m rowing ergometer performance and rowing-specific maximal power 24 h later? **European Journal of Applied Physiology**. publicado online dia 10 de março, 2011.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3. ed. São Paulo : Editora Atlas, 1991.

GLEESON, M.; BLANNIN, A. K.; WALSH, N. P.; FIELD, C. N.; PRITCHARD, J. C. Effect of exercise-induced muscle damage on the

blood lactate response to incremental exercise in humans. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**. v. 77, p. 292–295, 1998.

GLEESON, M.; BLANNIN, A. K.; ZHU, B.; BROOKS, S.; CAVE, R. Cardiorespiratory, hormonal and haematological responses to submaximal cycling performed 2 days after eccentric or concentric exercise bouts. **Journal of Sports Sciences**. v. 13, p. 471–479, 1995.

GOLDEN, C.L.; DUDLEY, G. A. Strength after bouts of eccentric or concentric actions. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 24, p. 926–33, 1992.

GREER, B. K.; WOODARD, J. L.; WHITE, J. P.; ARGUELLO, E. M.; HAYMES, E. M. Branched-chain amino acid supplementation and indicators of muscle damage after endurance exercise. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**. v. 17, n. 6, p. 595–607, 2007.

GREGOR, R. J.; KOMI, P. V.; JARVTNEN, M. Achilles tendon forces during cycling. **International Journal Sports Medicine**. v. 8, p. 9–14, 1987.

GUGLIELMO, L. G. A. **Efeitos de diferentes tipos de treinamento sobre a intensidade e o tempo de exaustão a 100% do VO₂max**. Tese (Doutorado em Ciências da Motricidade), Rio Claro (SP): Universidade Estadual Paulista, 2005.

GUGLIELMO, L. G.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Effects of strength training on running economy. **International Journal Sports Medicine**. v. 30, p. 27–32, 2009.

HÄKKINEN, K.; KAUKHANEN, H.; KOMI, P. V. Aerobic, anaerobic, assistant exercise and weightlifting performance capacities in elite weightlifters. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v. 27, p. 240–246, 1987.

HAOUZI, P.; CHENUÉL, B.; HUSZCZUK, A. Sensing vascular distension in skeletal muscle by slow conducting afferent fibers: neurophysiological basis and implication for respiratory control. **Journal of Applied Physiology**. v. 96, p. 407–418, 2004.

HICKSON, R. C.; DVORAK, B. A.; GOROSTIAGA, E. M.; KUROWSKI, T. T.; FOSTER, C. Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. **Journal of Applied Physiology**. v. 65, p. 2285–2290, 1988.

HOPKER, J.; PASSFIELD, L.; COLEMAN, D.; JOBSON, S.; EDWARDS, L.; CARTER, H. The effects of training on gross efficiency in cycling: a review. **International Journal Sports Medicine**. v. 30, n. 12, p. 845-850, 2009.

HORTOBAGYI, T.; LAMBERT N. J.; KROLL, W. P. Voluntary and reflex responses to fatigue with stretch-shortening exercise. **Canadian Journal of Sport Sciences**. v. 16, n. 2, p. 142-150, 1991.

HORTOBAYGI, T.; HOUMARD J.; FRASER, D.; DUDEK, R.; LAMBERT, J.; TRACY, J. Normal forces and myofibrillar disruption after repeated eccentric exercise. **Journal of Applied Physiology**. v. 84, n. 2, p. 492-498. 1998.

HOTTA, N.; SATO, K.; SUN, Z.; KATAYAMA, K.; AKIMA, H.; KONDO, T.; ISHIDA, K. Ventilatory and circulatory responses at the onset of exercise after eccentric exercise. **European Journal of Applied Physiology**. v. 97, p. 598–606, 2006.

HULL, M.; HAWKINS, D. Analysis of muscular work in multisegmental movements: Applications to cycling. In: **Multiple Muscle Systems**. WINTERS, J. J.; WOO, S. L. New York: Springer-Verlag, 1990. pp. 621- 638.

ISEAR, J. A. JR.; ERICKSON, J. C.; WORRELL, T. W. EMG analysis of lower extremity muscle recruitment patterns during an unloaded squat. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 29, n. 4, p. 532-539, 1997

JACKSON, A. S.; BEARD, E. F.; WIER, L. T.; ROSS, R. M.; STUTEVILLE, J. E.; BLAIR, S. N. Changes in aerobic power of men, ages 25-70 yr. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 27, n. 1, p. 113-120, 1995.

JACKSON, N. P.; HICKEY, M. S.; REISER, R. F. 2°. High resistance/low repetition vs. low resistance/high repetition training:

effects on performance of trained cyclists. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 21, n. 1, p. 289-295, 2007.

JAMESON, C.; RING, C. Contributions of local and central sensations to the perception of exertion during cycling: effects of work rate and cadence. **Journal of Sports Sciences**. v. 18, p. 291-298, 2000.

JEUKENDRUP, A. E.; CRAIG, N. P.; HAWLEY, J. A. The Bioenergetics of World Class Cycling. **Journal of Science and Medicine in Sport**. v. 3, n. 4, p. 414-433, 2000.

JEUKENDRUP, A. E.; SARIS, W. H. M.; BROUNS, F.; KESTER, A. D. M. A new validated endurance performance test. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 28, p. 266-270, 1996.

JEUKENDRUP, A. E.; SARIS, W. H.; BROUNS, F.; KESTER, A. D. A new validated endurance performance test. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 28, p. 266-270, 1996.

JONES, D. A.; NEWHAM, D. J.; ROUND, J. M.; TOLFREE, S. E. Experimental human muscle damage: morphological changes in relation to other indices of damage. **Journal of Physiology**. v. 375: p. 435-448, 1986.

KAMANDULIS, S.; SKURVYDAS, A.; BRAZAITIS, M.; SKIKAS, L.; DUCHATEAU, J. The repeated bout effect of eccentric exercise is not associated with changes in voluntary activation. **Journal of Applied Physiology**. v. 108, p. 1065-1074, 2010.

KOMI, P. V. Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. **Journal of biomechanics**. v. 33, p. 1197-1206, 2000.

KOMI, P. V.; VIITASALO, J. T. Changes in motor unit activity and metabolism in human skeletal muscle during and after repeated eccentric and concentric contractions. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 100, p. 246-54, 1977.

KRAUS, W. E.; TORGAN, C. E.; TAYLOR, D. A. Skeletal muscle adaptation to chronic low-frequency motor nerve stimulation. **Exercise and Sport Sciences Reviews**. v. 22, p. 313-360, 1994.

KREMENIC, I. J.; GLACE, B. W.; BEN-AVI, S. S., NICHOLAS, S. J.; McHUGH, M. P. Central Fatigue after Cycling Evaluated Using Peripheral Magnetic Stimulation. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 41, n. 7, p. 1461-1466, 2009.

KUIPERS, H.; VERSTAPPEN, F. T.; KEIZER, H. A.; GEURTEN, P.; VAN KRANENBURG, G. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. **International Journal Sports Medicine**. v. 6, n. 4, p. 197-201, 1985.

KYRÖLÄINEN, H.; PULLINEN, T.; CANDAU, R.; AVELA, J.; HUTTINEN, P.; KOMI, P. V. Effects of marathon running on running economy and kinematics. **European Journal of Applied Physiology**, v. 82, p. 297–304, 2000.

LAVENDER, A. P.; NOSAKA, K. A light load eccentric exercise confers protection against a subsequent bout of more demanding eccentric exercise. **Journal of Science and Medicine in Sport**. v. 11, p. 291-198, 2008.

MAGEL, J. R.; FOGLIA, G. F.; MCARDLE, W. D.; GUTIN, B.; PECHAR, G. S.; KATCH, F. I. Specificity of swim training on maximum oxygen uptake. **Journal of Applied Physiology**. v. 38, n. 1, p. 151-155, 1975

MARCORA, S. M.; BOSIO, A. Effect of exercise-induced muscle damage on endurance running performance in humans. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**. v. 17, p. 662–671, 2007.

MARGINSON, V.; ROWLANDS, A. V.; GLEESON, N. P.; ESTON, R. G. Comparison of the symptoms of exercise-induced muscle damage after an initial and repeated bout of plyometric exercise in boys and men. **Journal of Applied Physiology**. v. 99, p. 1174–1181, 2005.

MCHUGH, M. P.; PASIAKOS, S. The role of exercising muscle length in the protective adaptation to a single bout of eccentric exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 93, p. 286-293, 2004.

MILLET, G. Y.; MILLET, G. P.; LATTIER, G.; MAFFIULETTI, N. A.; CANDAU, R. Alteration of Neuromuscular function after a

Prolonged Road Cycling Race. **International Journal Sports Medicine**. v. 24, p. 190-194, 2003.

NEWHAM, D.J.; MCPHAIL, G.; MILLS, K.R.; et al. Ultrastructural changes after concentric and eccentric contractions of human muscle. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 61, p. 109-122, 1983.

NICKLEBERRY, B. L.; BROOKS, G. A. No Effect of cycling experience on leg ergometer efficiency. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 28, n. 11, p.1396-401, 1996.

NOAKES, T. D. Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: A contemporary perspective. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 20, p. 319-30, 1988.

NOSAKA, K.; NEWTON, M. Concentric or eccentric training effect on eccentric exercise-induced muscle damage. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 34, n. 1, p. 63-69, 2002.

NOSAKA, K.; NEWTON, M.; SACCO, P. Muscle damage and soreness after endurance exercise of the elbow flexors. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 34, n. 6, p. 920-927, 2002.

NOSAKA, K.; NEWTON, M.; SACCO, P.; CHAPMAN, D.; LAVENDER, A. Partial Protection against Muscle Damage by Eccentric Actions at Short Muscle Lengths. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 37, n. 5, p. 746-753, 2005.

NOSAKA, K.; NEWTON, M.; SACCO, P.; CHAPMAN, D.; LAVENDER, A. Partial Protection against Muscle Damage by Eccentric Actions at Short Muscle Lengths. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 37, n. 5, p. 746-753, 2005.

PAROLIN, M. L.; CHESLEY, A.; MATSOS, M. P.; SPRIET, L. L.; JONES, N. L.; HEIGENHAUSER, G. J. Regulation of skeletal muscle glycogen phosphorylase and PDH during maximal intermittent exercise. **American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism**. v. 277, p. E890–E900, 1999.

PASCHALIS, V.; BALZZOPOULOS, V.; MOUGIOS, V.; JAMURTAS, A. Z.; THEOHARIS, V.; KARATZAFERI, C.; et al.

Isokinetic eccentric exercise of quadriceps femoris does not affect running economy. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 22, p. 1222-1227, 2008.

PASCHALIS, V.; KOUTEDAKIS, Y.; BALZPOULOS, V.; MOUGIOUS, V.; JAMURTAS, A. Z.; THEOHARIS, V. The effects of muscle damage on running economy in healthy males. **International Journal Sports Medicine**, v. 26, p. 827– 831, 2005.

PHILIPPOU, A.; BOGDANIS, G. C.; ALAN M. NEVILL, A. M.; MARIDAKI, M. Changes in the angle-force curve of human elbow flexors following eccentric and isometric exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 93, p. 237-244, 2004.

PLACE, N.; LEPERS, R.; DELEY G.; MILLET, G. Y. Time Course of Neuromuscular Alterations during a Prolonged Running Exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 36, n. 8, p. 1347-1356, 2004.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. 5ª ed. São Paulo: Manole, 2005.

PRESLAND, J. D.; DOWSON, M. N.; CAIRNS, S. P. Changes of motor drive, cortical arousal and perceived exertion following prolonged cycling to exhaustion. **European Journal of Applied Physiology**. v. 95, p. 42–51, 2005.

PROSKE, U.; GREGORY, J. E.; MORGAN, D. L.; PERCIVAL, P.; WEERAKKODY, N. S.; CANNY, B. J. Force matching errors following eccentric exercise. **Human Movement Science**. v. 23, p. 365–378, 2004.

RAASCH, C. C.; ZAJAC, F.E.; MA, B.; LEVINE, W. S. Muscle coordination of maximum-speed pedaling. **Journal of Biomechanics**. v. 30, p. 595-602, 1997.

(a) RØNNESTAD, B, R.; HANSEN, E. A.; RAASTAD, T. Effect of heavy strength training on thigh muscle cross-sectional area, performance determinants, and performance in well-trained cyclists **European Journal of Applied Physiology** v. 108, p. 965–975, 2010.

(b) RØNNESTAD, B. R.; HANSEN, E. A.; RAASTAD, T. In-season strength maintenance training increases well-trained cyclists' performance. **European Journal of Applied Physiology**, *in press*, 2010.

RØNNESTAD, B. R.; HANSEN, E. A.; RAASTAD, T. Strength training improves 5-min all-out performance following 185 min of cycling. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**. v. 21, n. 2, p. 250-259, 2011.

SCOTT, K.E.; ROZENEK, R.; RUSSO, A. C.; CRUSSEMEYER, J. A.; LACOURSE, M. G. Effects of delayed onset muscle soreness on selected physiological responses to submaximal running. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 17, p. 652-658, 2003.

SEMMLER, J. G.; TUCKER, K. J.; ALLEN, T. J.; PROSKE, U. Eccentric exercise increases EMG amplitude and force fluctuations during submaximal contractions of elbow flexor muscles. **Journal of Applied Physiology**. v. 103, p. 979-989, 2007.

SERAPIONI, M. Métodos qualitativos e quantitativos na pesquisa social em saúde: algumas estratégias para a integração. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p. 187-92, 2000.

St CLAIR GIBSON, A.; BADEN, D. A.; LAMBERT, M. I.; LAMBERT, E. V.; HARLEY, Y. X.; HAMPSON, D.; RUSSELL, V. A.; NOAKES, T. D. The conscious perception of the sensation of fatigue. **Sports Medicine**. v. 33, n.3, p. 167-176, 2003.

STEED, J.; GAESSER, G. A.; WELTMAN, A. Rating of perceived exertion and blood lactate concentration during submaximal running. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 26, p. 797-803, 1994.

STOUDEMIRE, N. M.; WIDEMAN, L. PASS, K. A.; MCGINNESS, C. L.; GAESSER, G. A.; WELTMAN, A. The validity of regulating blood lactate concentration during running by ratings of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 28, p. 490-495, 1996.

SUNDE, A.; STØREN, O.; BJERKAAS, M.; LARSEN, M. H.; HOFF, J.; HELGERUD, J. Maximal strength training improves cycling

economy in competitive cyclists. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 24, n. 8, p. 2157-2165, 2010.

TEE, J. C.; BOSCH, A. N.; LAMBERT, M. I. Metabolic consequences of exercise-induced muscle damage. **Sports Medicine**, v. 37, n. 10, p. 827-836, 2007.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K. **Métodos de pesquisa em atividade física e saúde**. 3ª ed. São Paulo: Editora Artmed, 2002.

TWIST, C.; ESTON, R. G. The effect of exercise-induced muscle damage on perceived exertion and cycling endurance performance **European Journal of Applied Physiology**. v. 105, p. 559–567, 2009.

TWIST, C.; ESTON, R. G. The effects of exercise-induced muscle damage on maximal intensity intermittent exercise performance. **European Journal of Applied Physiology**. v. 94, p. 652–658, 2005.

WALSH, B.; TONKONOGLI, M.; MALM, C.; EKBLÖM, B.; SAHLIN, K. Effect of eccentric exercise on muscle oxidative metabolism in humans. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 33, p. 436–441, 2001.

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



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



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do Projeto: Efeito do dano muscular na economia de movimento e na performance no ciclismo

Você está sendo convidado a participar, como voluntário, da pesquisa intitulada: **Efeito do dano muscular na economia de movimento e na performance no ciclismo** a ser realizada junto ao Laboratório de Esforço Físico (LAEF), vinculado ao Centro de Desportos (CDS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). A participação no estudo não envolve nenhum gasto para o participante e todos os materiais necessários serão providenciados pelos pesquisadores. Com sua adesão ao estudo, você ficará disponível para a pesquisa em cinco visitas ao CDS, com duração aproximada de 60 minutos cada.

1ª Visita - Na primeira sessão, um avaliador preencherá uma ficha com seus dados pessoais e, logo após, você será submetido à avaliação antropométrica, na qual serão realizadas medidas de massa corporal (kg), estatura (cm) e dobras cutâneas (subescapular, tríceps, suprailíaca e perna medial). Em seguida será aplicado um teste incremental máximo em ciclo-ergômetro (Lode Medical Technology, Groningen, Holanda) para determinação do consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2max}$), da frequência cardíaca máxima (FC_{max}), da potência máxima (P_{max}) e da percepção subjetiva de esforço (PSE). A carga inicial será de 100W e incrementos de 30W serão incluídos a cada 3 minutos até a exaustão voluntária. Ao final de cada estágio, será realizada a coleta de sangue no lóbulo da orelha para mensuração do lactato sanguíneo. Esse procedimento não oferece riscos ao avaliado e todos os cuidados necessários serão tomados para a coleta de sangue. Os índices determinados neste teste são indicadores do seu condicionamento aeróbio e fornecerão dados para a prescrição do seu treinamento.

2ª a 5ª Visitas – Serão realizados os seguintes procedimentos, em ordem fixa:

1) verificação dos indicadores de dano muscular: será coletado sangue da veia cubital do braço direito para a mensuração creatina-quinase. A coleta será realizada por profissionais especializados. Os riscos relacionados com a sua participação nesse procedimento se resumem à picada da agulha, não requerendo nenhum cuidado posterior. Em seguida haverá um teste de percepção subjetiva de dor, no qual você deverá apontar, em uma escala de 0 a 100, a dor muscular percebida após o toque na musculatura anterior da coxa. Posterior às coletas de sangue e de percepção subjetiva de dor, também será realizado um exercício de contração voluntária máxima, sendo que esse procedimento pode causar um desconforto momentâneo gerado pela contração voluntária máxima da extensão do joelho;

2) exercícios submáximos: cinco minutos após o exercício de contração voluntária máxima, você pedalará duas vezes durante 5 minutos, com cargas correspondentes a 60 e 70% de P_{max} (identificadas na primeira visita), iniciando com 60% de P_{max} . Serão obtidos os valores de PSE, frequência cardíaca (FC) e quociente respiratório (QR) no último minuto de cada exercício. Novamente será coletado sangue do lóbulo da orelha na situação de repouso e três minutos após o término de cada exercício, para medição do lactato sanguíneo. Será dado um intervalo de cinco minutos entre cada um.

3) contrarrelógio: após os exercícios submáximos, será dado mais um intervalo de cinco minutos. Ao término deste, será realizado um teste de cinco minutos, no qual o participante deverá pedalar a maior distância possível dentro deste período. Neste teste, serão coletados a FC e a PSE no final de cada minuto e uma amostra de sangue do lóbulo da orelha será coletados três e dez minutos após o término do teste, para medição do lactato sanguíneo.

4) teste de Wingate: dez minutos após a execução do contrarrelógio, você será instruído a pedalar o mais rápido possível durante 30 segundos. Após três segundos de aceleração, será aplicada uma carga correspondente a 7,5% da sua massa corporal.

Adicionalmente, na 3ª visita, 30 minutos antes da verificação dos indicadores de dano muscular, você realizará um exercício causador de dano muscular. O exercício consistirá em 100 saltos verticais máximos, divididos em 10 séries de 10 saltos, com intervalo de 1 minuto. Em cada salto você poderá monitorar a altura dele em tempo real pelo computador e deverá, sempre, saltar o mais alto possível. Este procedimento ocasionará um dano muscular na musculatura dos membros inferiores. Este dano poderá causar dor, inchaço, falta de força e diminuição de amplitude de movimento por até 7 dias, sendo os maiores comprometimentos atingidos entre 24 e 48 horas após os saltos. Após os 7 dias, a musculatura voltará ao seu estado normal.

Estes procedimentos serão realizados em ordem fixa. Solicitamos que você, caso aceite participar da pesquisa, não realize nenhum exercício extenuante, tome 2,5 L de água por dia, durma de 6 a 8 horas por dia e evite medicamentos analgésicos, anti-inflamatórios, cafeína e bebidas alcoólicas, nas últimas 48h que antecedem a primeira visita e durante todo o experimento. Ademais, solicitamos que você faça uma refeição leve pelo menos 3 horas antes de comparecer ao laboratório.

A primeira e segunda visita – assim como a segunda e terceira – deverão ser separadas por um tempo de 2 a 7 dias. A partir da terceira, cada visita deverá ser separada por 48 horas.

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

Para participar deste estudo você deve estar apto para realizar exercícios físicos de alta intensidade. Da mesma forma, deve estar ciente que tem a possibilidade de apresentar náuseas e vômito em decorrência do esforço na realização do teste. No entanto, menos de 1% da população americana apresenta desconforto durante este tipo de teste (*American College of Sports Medicine*).

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

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

As pessoas que o acompanharão serão o Prof. Dr. Luiz Guilherme A. Guglielmo e o mestrando Fabio Colussi Karasiak, além de alguns colaboradores do LAEF.

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

Agradecemos desde já a sua colaboração e participação.

CONTATOS:

Prof. Fábio Colussi Karasiak
e-mail: fabio_ck@gmail.com
Tel: (48) 8426 0434

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

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

TERMO DE CONSENTIMENTO

Declaro que fui informado, de forma clara e objetiva, sobre todos os procedimentos do projeto de pesquisa intitulado *Efeito do dano muscular na economia de movimento e na performance no ciclismo*. Estou ciente que todos os dados a meu respeito serão sigilosos e que posso me retirar do estudo a qualquer momento. Assinando este termo, eu concordo em participar deste estudo.

Nome por extenso _____

Assinatura _____

Florianópolis (SC) ____/____/____

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

Prof. Mdo. Fábio Colussi Karasiak
(Pesquisador Principal/Orientando)

ANEXO A – Comitê de Ética



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

CERTIFICADO

Nº 1124

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

APROVADO

PROCESSO: 1124

FR: 386607

TÍTULO: Efeito do dano muscular na economia de movimento e na performance no ciclismo

AUTOR: Luiz Guilherme Antonacci Gugelino, Fábio Colussi Karasik

FLORIANÓPOLIS, 29 de Novembro de 2010.

 Coordenador do CEPSH UFSC



ANEXO B – Ficha de avaliação de percepção subjetiva de dor, em escala Visual-Analógica

Escala Visual-Analógica de Percepção de Dor

Quadríceps:

Nenhuma Dor	_____	Dor Extrema
-------------	-------	-------------

Posteriores de Coxa:

Nenhuma Dor	_____	Dor Extrema
-------------	-------	-------------

Panturrilha:

Nenhuma Dor	_____	Dor Extrema
-------------	-------	-------------

Tibial Anterior:

Nenhuma Dor	_____	Dor Extrema
-------------	-------	-------------

Glúteos:

Nenhuma Dor	_____	Dor Extrema
-------------	-------	-------------

Em agachamento:

Nenhuma Dor	_____	Dor Extrema
-------------	-------	-------------