

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
FACULDADE DE NUTRIÇÃO  
MESTRADO EM NUTRIÇÃO**

***EFEITO DA DEPLEÇÃO SELETIVA DE GLICOGÊNIO MUSCULAR DAS FIBRAS  
DO TIPO I E II SOBRE A ESTRATÉGIA DE PROVA EM CICLISMO DE MÉDIA  
DURAÇÃO***

**CARLOS RAFAELL CORREIA DE OLIVEIRA**

**MACEIÓ  
2012**

**CARLOS RAFAELL CORREIA DE OLIVEIRA**

***EFEITO DA DEPLEÇÃO SELETIVA DE GLICOGÊNIO MUSCULAR DAS FIBRAS  
DO TIPO I E II SOBRE A ESTRATÉGIA DE PROVA EM CICLISMO DE MÉDIA  
DURAÇÃO***

Dissertação apresentada à Faculdade de Nutrição da Universidade Federal de Alagoas como requisito à obtenção do título de Mestre em Nutrição.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Eduardo Lima da Silva.

**MACEIÓ**

**2012**

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

**Bibliotecária Responsável: Fabiana Camargo dos Santos**

O48e Oliveira, Carlos Rafaell Correia de.

Efeito da depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo I e II sobre a estratégia de prova em ciclismo de média duração / Carlos Rafaell Correia de Oliveira. – 2012.

83 f.: il., graf., tab.

Orientador: Adriano Eduardo Lima da Silva.

Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Nutrição. Programa de Pós-Graduação em Nutrição. Maceió, 2012.

Inclui bibliografias.

1. Carboidrato. 2. Teste contra-relógio. 3. Estratégia de prova. 4. Glicogênio muscular. 5. Desempenho esportivo. I. Título.

CDU: 612.396:796.015.6



**MESTRADO EM NUTRIÇÃO  
FACULDADE DE NUTRIÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**



Campus A. C. Simões  
BR 104, km 14, Tabuleiro dos Martins  
Maceió-AL 57072-970  
Fone/fax: 81 3214-1160

---

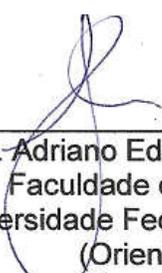
PARECER DA BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

**“EFEITO DA DEPLEÇÃO SELETIVA DE GLICOGÊNIO MUSCULAR DAS FIBRAS  
DO TIPO I E II SOBRE A ESTRATÉGIA DE PROVA EM CICLISMO DE MÉDIA  
DURAÇÃO”**

por

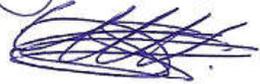
**CARLOS RAFAELL CORREIA DE OLIVEIRA**

A Banca Examinadora, reunida ao dia 12 do mês de Março do ano de 2012,  
considera o candidato **APROVADO**.



---

Prof. Dr. Adriano Eduardo Lima da Silva  
Faculdade de Nutrição  
Universidade Federal de Alagoas  
(Orientador)



---

Prof. Dr. Gustavo Gomes de Araújo  
Centro de Educação  
Universidade Federal de Alagoas  
(Examinador)



---

Prof. Dr. Rômulo Gássio de Moraes Bertuzzi  
Escola de Educação Física e Esporte  
Universidade de São Paulo  
(Examinador)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, o Grande e Todo poderoso, que é quem rege a minha vida e minha trajetória, por nunca deixar que eu perca a Fé, dando-me paz, força, coragem e perseverança diante das dificuldades.

Aos meus pais, Seu Benedito e Dona Dorinha, por me ensinarem a ser tudo que sou, por sempre acreditar e confiar em mim sem fazer nenhuma cobrança, pelas sábias palavras da minha mãezona nos momentos de angústia, pela a imensa preocupação do meu pai para saber se sempre está tudo certo comigo, pelo enorme esforço em me dar todo o suporte necessário para que eu siga em busca dos meus sonhos e pelo constante apoio e incentivo para que eu possa ser feliz no que eu faço.

À minha Amada, meu Tudo, Meu Amor, minha Narinha, por sempre estar ao meu lado ao longo desses anos, “na alegria e na tristeza, na saúde e na doença, na riqueza e na pobreza”, e que eu espero que seja assim por toda a eternidade, pela sua infinita paciência comigo, por sempre estar disponível para me ajudar mesmo quando não pode, pelos ótimos momentos vividos juntos até hoje e que ainda tenho certeza que viveremos, por ser minha companheira e por ser parte da minha vida. Te Amo demais Meu Amor!

Aos meus irmãos, Dú e Chris, e a minha sobrinha linda Myrla pela confiança que sempre tiveram em mim e por sempre terem sentido orgulho de mim.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Adriano Eduardo Lima da Silva, que apesar do título de Doutor considero mesmo é como um grande Mestre, um pai, embora tenha a idade de ser meu irmão rsrsrs. Professor, Capitão rsrsrs, muito obrigado por ter devolvido a esperança, que parecia muito distante em relação à vida acadêmica, a mim e a toda família GPCE. Muito obrigado também, pelas broncas construtivas, pela verdadeira amizade, por todas as oportunidades proporcionadas durante todo esse tempo, pela grande paciência nos diversos momentos de dúvida, pela sabedoria na orientação, pela confiança depositada em mim ao longo desses anos e por ser um modelo de profissional e pessoa do qual também me espelho.

Aos meus amigos Marcos e Ralmony pela amizade de todos esses anos e pelos bons, às vezes complicados, momentos vividos durante todos os 5 meses de coleta, meses dos quais convivi mais com vocês do que com a minha família e namorada rsrs, ao passo de decorarmos a fala um do outro durante os procedimentos das coletas rsrs. Espero que possamos trabalhar juntos novamente em outras oportunidades.

Ao Victor, Patrícia e Kleiner pela ajuda nas coletas, em especial ao brother João, o imortalizado “estagiário” rsrsrsrs que agora é Professor, que sempre estava lá nos ajudando, nunca negando apoio e que também pode ser considerado como um membro da nossa equipe de coleta.

Ao Hessel e Lihara pela ajuda na parte nutricional da coleta e trabalho de pesquisa.

A toda família GPCE (Grupo de Pesquisa em Ciências do Esporte), da qual tenho orgulho de ser um irmão da família e espero sempre fazer parte.

A Amanda (Faculdade de Nutrição) pela paciência e disponibilidade em sempre me ajudar a resolver questões relacionadas ao mestrado e, principalmente, a sua amizade.

Aos professores Gustavo Araújo e Rômulo Bertuzzi, ambos do curso de Educação Física, pelas contribuições dadas na parte intelectual e prática do trabalho de pesquisa.

Ao amigo João Paulo que cedeu sua bike para que a pesquisa pudesse ser realizada.

Ao professor Amândio Geraldês que disponibilizou o Laboratório de Aptidão Física, Desempenho e Saúde para realização da pesquisa.

Ao incansável Josiel que nunca se negou a nos ajudar com as análises sanguíneas e ao professor Luciano Meireles que cedeu o laboratório do curso de Farmácia para tais análises.

As professoras Terezinha e Suzana, que apesar de não ter tido aula, sempre se dispuseram a me ajudar quando necessário, cedendo o laboratório para as análises sanguíneas.

Aos professores da Faculdade de Nutrição que contribuíram ainda mais para a minha formação acadêmica durante esses dois anos de mestrado.

Ao professor Luciano Meireles do curso de Farmácia da Ufal que disponibilizou o seu laboratório e ao Josiel, que sempre se mostrou disponível e paciente durante todo o período da coleta em nos ajudar no laboratório com as análises de lactato.

Aos meus amigos Vinho e Marcelinho pela amizade de infância, pela confiança depositada em mim e pelos momentos de longas conversas sobre as nossas vidas acadêmicas.

A minha amiga Franci, que apesar de não estudarmos mais juntos e de deixar de ser “meu saquinho de pancadas” rrsrsrs, tenho certeza da nossa grande amizade e de que torces muito pelo meu sucesso.

A todos os ciclistas que se disponibilizaram a fazer parte do estudo e ao Samuel da Samciclo e Gil da Sllalom por disponibilizarem o espaço para a divulgação da pesquisa.

A FAPEAL, pela bolsa de estudos, que foi de grande importância durante os dois anos de mestrado.

*Nobody said it was easy.*

**Cold Play**

## RESUMO

Têm sido demonstrado que a disponibilidade de CHO aumenta o desempenho. Adicionalmente, tais melhoras podem ser proporcionadas por uma suplementação de CHO dias antes, minutos antes ou durante o exercício. Por outro lado, a depleção dos estoques de CHO, mais precisamente o glicogênio muscular (GM), pode prejudicar o desempenho. Esse declínio no desempenho pode ocorrer em exercícios de intensidade constante e variada, como nos testes contra-relógio (TCR). A forma como o atleta programa a execução de um TCR é denominada de estratégia de prova. A estratégia de prova pode ser influenciada pelas concentrações iniciais de GM. Dessa forma, a presente dissertação foi composta por dois artigos: 1) um artigo de revisão sobre os efeitos das diferentes formas da manipulação dietética de CHO sobre o desempenho em TCR de ciclismo e; 2) um artigo de resultados sobre os efeitos da depleção seletiva de GM das fibras do tipo I e II sobre a estratégia de prova em ciclismo de média duração. A partir das observações feitas no artigo de revisão e dos achados encontrados no artigo de resultados, pode-se sugerir que pesquisas adicionais são necessárias, visto que muitos resultados são controversos e inconclusivos. Isso auxiliaria treinadores e pesquisadores a estabelecerem a utilidade da manipulação de CHO ou realizar uma adaptação da estratégia de prova de acordo com o “status” de CHO do atleta. Porém, a elaboração de programas de treinamento assim como de pesquisas devem observar com cautela alguns aspectos metodológicos.

**Palavras-chave:** Carboidrato. Teste contra-relógio. Glicogênio muscular. Desempenho.

## ABSTRACT

It has been shown that CHO availability of CHO increases performance. Moreover, such improvements may be provided by a CHO supplementation, days before, minutes before or during exercise. On the other hand, the CHO depletion, more specifically of the muscle glycogen (MGD), can impair performance. This decline in performance may occur in constant and varied intensity exercises, as in the time trials (TT). The manner as an athlete programs the execution of a TT is called pacing strategy. The pacing strategy may be influenced by the initial concentrations of MG. Thus, the present dissertation consisted of two papers: 1) a review article on the effects of different forms of dietary CHO manipulation on performance in cycling TT and 2) an article of results on the effects of selective MG depletion (type I and II fibers) on pacing strategy during a middle-duration cycling TT. From the observations made in the review article and the findings in the article by results, it can be suggested that further research is needed, since many results are controversial and inconclusive. This would aid coaches and researchers to establish the usefulness of CHO manipulation or perform an adaptation of the pacing strategy in accordance with CHO 'status' of the athlete. However, the development of training programs and researches should carefully observe some methodological aspects.

**Keywords:** Carbohydrate. Time trial. Muscle glycogen. Performance.

## LISTA DE FIGURAS

Página

### Artigo: artigo de resultados

- Figura 1 - Desenho experimental. CONT: controle; DEP-FIB I: teste experimental após depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo I; DEP-FIB II: teste experimental após depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo II..... 47
- Figura 2 - Média de produção de potência a cada 200 m durante o teste contra-relógio de 4.000m nas situações controle (CONT), depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo I (DEP-FIB I) e depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo II (DEP-FIB II)..... 57
- Figura 3A - Média de potência aeróbia a cada 200 m durante o teste contra-relógio de 4.000m nas situações controle (CONT), depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo I (DEP-FIB I) e depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo II (DEP-FIB II)..... 59
- Figura 3B - Média de potência anaeróbia a cada 200 m durante o teste contra-relógio de 4.000m nas situações controle (CONT), depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo I (DEP-FIB I) e depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo II (DEP-FIB II)..... 60
- Figura 4 - Média de atividade eletromiográfica integrada a cada 200 m expressa em % da CVM durante o teste contra-relógio de 4.000m nas situações controle (CONT), depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo I (DEP-FIB I) e depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo II (DEP-FIB II)..... 62

## LISTA DE TABELAS

### 1º Artigo: artigo de revisão

Tabela 1 - Resumo dos estudos sobre os possíveis efeitos de diferentes formas da manipulação dietética de carboidrato sobre o desempenho em testes contra-relógio de ciclismo.....	33
--	----

### 2º Artigo: artigo de resultados

Tabela 1 - Valores (média ± EPM) para tempo total, produção de potência, média de iEMG, potência aeróbia e potência anaeróbia durante o teste contra-relógio de 4.000m nas situações controle, depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo I e depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo II.....	55
Tabela 2 - Valores (média ± EPM) produção de potência, média de iEMG, potência aeróbia e potência anaeróbia durante o teste contra-relógio de 4.000m nas situações controle, depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo I e depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo II.....	64
Tabela 3 - Valores (média ± EPM) para lactato plasmático no repouso, antes (pré TCR) e ao final (final TCR) do teste contra-relógio de 4.000m nas situações controle, depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo I e depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo II.....	64

## LISTA DE ABREVIATURAS

**ACHO** – Conteúdo com alto carboidrato;

**BCHO** – Conteúdo com baixo carboidrato;

**CHO** – Carboidrato;

**CONT** – Teste controle sem depleção de glicogênio muscular;

**CVM** – Contração voluntária máxima;

**DEP-FIB I** – Teste após depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo I;

**DEP-FIB II** – Teste após depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo II;

**EMG** – Atividade eletromiográfica;

**FC** – Frequência cardíaca;

**FC<sub>max</sub>** – Frequência cardíaca máxima;

**GM** – Glicogênio muscular;

**EMG** – Atividade eletromiográfica;

**iEMG** – Atividade eletromiográfica integrada;

**[La]** – Lactato plasmático;

**LCHO** – carboidrato líquido;

**M + SCHO** – refeição prévia + carboidrato sólido;

**NOR** – Dieta controle/normal;

**PP<sub>max</sub>** – Produção de potência máxima;

**PP** – Produção de potência;

**PP<sub>aer</sub>** – Potência aeróbia;

**PP<sub>an</sub>** – Potência anaeróbia;

**SCHO** – carboidrato sólido;

**SUP** – Suplementado com carboidrato;

**TCR** – Teste contra-relógio;

**VCO<sub>2</sub>** – Produção de dióxido de carbono;

**VE** – Ventilação;

**VL** – Músculo vasto lateral;

**VO<sub>2max</sub>** – Consumo máximo de oxigênio;

**VO<sub>2</sub>** – consumo de oxigênio.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>13</b>
<b>2 COLETÂNEA DE ARTIGOS.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 1º artigo: artigo de revisão</b> Diferentes formas de suplementação de carboidrato e desempenho em testes contra-relógio de ciclismo.....	17
<b>2.2 2º artigo: artigo de resultados</b> Efeito da depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo I e II sobre a estratégia de prova em ciclismo de média duração.....	40
<b>3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>79</b>
<b>4 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>82</b>



Em esforços intensos ocorre um gasto energético gerando uma demanda energética que pode ser suprida pela manipulação dietética. Existem cinco categorias de nutrientes que são distribuídos em micro- e macro-nutrientes. Este último, por sua vez, é composto pelos carboidratos (CHO), lipídios e proteínas.

Em virtude da grande demanda energética imposta pelos músculos ativos durante o exercício, o estoque de CHO endógeno aparece como uma importante fonte energética para suprir a necessidade do atleta em finalizar uma tarefa (BERGSTROM et al, 1967). Ao longo dos anos, diversas pesquisas científicas no campo das ciências do esporte e da nutrição têm demonstrado que a disponibilidade de CHO promove melhoras no desempenho esportivo, tanto de exercícios prolongados (BERGSTROM et al, 1967; BALDWIN et al, 2003; JOHNSON et al, 2006), quanto em esforços curtos de alta intensidade (LIMA-SILVA et al. 2010a,b; VANDERBERGUE et al. 1995).

Adicionalmente, a maneira como o CHO é administrado é de grande relevância no entendimento das questões que envolvem o desempenho esportivo. Estudos têm demonstrado que um aumento no desempenho esportivo, medido pelo tempo de permanência em uma dada intensidade, pode ser proporcionado por uma suplementação de CHO dias antes, minutos antes ou durante o exercício (BERGSTROM et al. 1967; LIMA-SILVA et al. 2009). Por outro lado, a depleção dos estoques de CHO, mais precisamente o glicogênio muscular (GM), pode prejudicar o desempenho nesse tipo de atividade (BERGSTROM et al, 1967; BALDWIN et al, 2003; LIMA-SILVA et al, 2009).

Além da depleção de GM alterar o desempenho durante exercícios de intensidade constante, que oferecem uma medida da capacidade de resistir a uma determinada tarefa, a disponibilidade de GM também pode afetar o desempenho durante exercícios de intensidade variada (com distância, tempo ou trabalho total preestabelecido), como no caso dos testes contra-relógio (TCR), no qual os atletas atuam em cenários reais ou simulados de competição. A forma como o atleta programa a execução de um TCR é denominada de estratégia de prova (FOSTER et al. 1993; 1994) e tem sido demonstrado que a estratégia de prova pode ser

influenciada pelas concentrações iniciais de GM (RAUCH et al, 2005; TUCKER, 2009).

Sendo assim, a partir das observações evidenciadas acima, a presente dissertação teve como principais objetivos: 1) esclarecer os possíveis efeitos de diferentes formas da manipulação dietética de CHO sobre o desempenho em TCR de ciclismo, através de uma revisão sistemática da literatura e; 2) verificar o efeito da depleção seletiva de GM das fibras do tipo I e II sobre a estratégia de prova em ciclismo de média duração (4.000 m), através de um estudo experimental randômico.



**1º artigo: artigo de revisão**

CORREIA-OLIVEIRA CR, LIMA-SILVA AE. Diferentes formas de suplementação de carboidrato e desempenho em testes contra-relógio de ciclismo. Revista de Intenção: *Brazilian Journal of Biomotricity*.

## RESUMO

A disponibilidade de carboidrato (CHO), bem como sua relação com o exercício, vem sendo discutida a décadas. Estudos demonstraram que o CHO aumenta o desempenho tanto em exercícios prolongados, quanto em esforços mais curtos. Em geral, estes efeitos foram demonstrados em exercícios de carga constante. No entanto, nos últimos 20 anos, pesquisas envolvendo os efeitos de diferentes formas de suplementação de CHO sobre o desempenho em exercícios de intensidade variada, como no caso dos testes contra-relógio (TCR) tem aumentado. A suplementação de CHO pode ser feita dias antes, minutos antes, durante o teste ou de maneira combinada (exemplo: antes e durante). Assim, esta revisão abordou os possíveis efeitos de diferentes formas da manipulação de CHO sobre o desempenho em TCR de ciclismo. Os resultados produzidos apresentaram respostas controversas, reforçando que os mecanismos pelos quais as melhoras no desempenho após a suplementação de CHO poderiam ser explicadas, ainda não estão claros. Aspectos metodológicos como o tempo, a quantidade e o tipo de CHO ingerido, assim como a duração e a intensidade do exercício, merecem cuidados, pois pequenas variações em um desses fatores podem proporcionar resultados adversos no desempenho. Dessa forma, pesquisas adicionais, com maior controle sobre essas variáveis, deveriam ser realizadas para elucidar melhor os efeitos das diferentes formas de suplementação de CHO sobre o desempenho em TCR de ciclismo.

**Palavras-chave:** carboidrato, teste contra-relógio, suplementação, desempenho.

## **ABSTRACT**

Carbohydrate (CHO) availability and its relationship with exercise has been discussed for decades. Studies have shown that CHO improves performance in both prolonged and shorter exercises. In general, these effects occur at constant load exercises. However, in the last 20 years, it has increased researches involving the effects of different forms of CHO supplementation on performance in exercises of variety intensity, as in the case of time trials (TT). The CHO supplementation can be performed days before, minutes before, during a cycling TT, or in a combined manner (eg, before and during). Thus, this review addressed the possible effects of different forms of CHO manipulation on performance in cycling TT. The results produced show controversial responses, reinforcing that the mechanisms by which improvements in performance after CHO supplementation could be explained are still unclear. Methodological issues such as time, quantity and type of CHO ingested, as well as the duration and intensity of exercise, deserve care, since small variations in one of these factors may provide adverse results on performance. Thus, additional researchs should be performed to elucidate more the effects of different forms of CHO supplementation on performance in cycling TT.

**Keywords:** carbohydrate, time trial, supplementation, performance,

## INTRODUÇÃO

Inúmeras evidências apontam para a importância do carboidrato (CHO) dietético como fonte de energia para o exercício. Ao longo dos anos, diversas pesquisas científicas no campo das ciências do esporte e da nutrição têm demonstrado que a disponibilidade de carboidrato (CHO) promove melhoras no desempenho tanto em exercícios prolongados (Bergstrom et al. 1967; Baldwin et al. 2003; Johnson et al. 2006), quanto em esforços mais curtos de alta intensidade (Lima-Silva et al. 2009; Lima-Silva et al. 2010; 2011; Vanderbergue et al. 1995). Em geral, está bem estabelecido na literatura que, estes efeitos ocorrem em exercícios de carga constante. Por isso, nos últimos 20 anos diversos estudos têm destinado suas atenções para investigar os efeitos de cargas de CHO sobre o desempenho em exercícios que simulam um cenário real de competição onde os atletas são requeridos a variar a intensidade, devido à instabilidade do terreno ou estratégia de prova escolhida, como no caso dos testes contra-relógio (TCR) (el-Sayed et al, 1997; Palmer et al, 1998; Jeukendrup et al, 2008; Osterberg et al. 2008; Hulston & Jeukendrup 2009). No entanto, ainda não está completamente elucidado se diferentes formas de manipulações dietéticas implicam em melhoras ou prejuízos ao rendimento esportivo em tais testes.

A manipulação de CHO pode ser feita dias antes, minutos antes, ou durante o teste, ou ainda de maneira combinada (exemplo: antes e durante) (Rauch et al. 2005; Johnson et al. 2006; Neuffer et al. 1987; Sherman et al. 1989; 1991; el-Sayed et al. 1997; Below et al. 1995; Angus et al. 2000; van Essen & Gibala 2006; Osterberg et al. 2008; Hulston & Jeukendrup 2009). Alguns estudos parecem mostrar um efeito ergogênico do CHO, mas outros não encontraram efeito da manipulação de CHO sobre o desempenho (Hawley et al. 1997; Burke et al. 2000; Palmer et al. 1998; Jentjens et al. 2003; Madsen et al. 1996; Desbrow et al. 2004; Jeukendrup et al. 2008). Dessa forma, a presente revisão

foi elaborada para verificar os possíveis efeitos de diferentes formas da manipulação dietética de CHO sobre o desempenho em TCR de ciclismo.

As diferentes formas de manipulação dietética de CHO foram operacionalmente classificadas como: 1) manipulação de CHO antes da prova, incluindo os protocolos de carga de CHO iniciados, pelo menos, 24 horas antes do TCR; 2) suplementação de CHO imediatamente antes da prova, definida como a suplementação de CHO entre cinco minutos e quatro horas antes do TCR e; 3) suplementação de CHO durante a prova (CHO fornecido periodicamente durante o TCR). Estudos que combinaram a manipulação de CHO antes e durante a prova também foram considerados e descritos na seção manipulação de CHO antes da prova (Burke et al. 2000; Rauch et al. 2005; Johnson et al. 2006). Eles foram considerados e não excluídos porque, na literatura, é escasso o número de estudos nos quais são demonstrados os efeitos de apenas uma manipulação prévia de CHO sobre o desempenho em TCR de ciclismo, sem uma suplementação adicional durante a prova. Uma justificativa dada por estes autores para a suplementação de CHO também durante a prova é o fato de tal procedimento prevenir a possibilidade de hipoglicemia. No entanto, esta é uma limitação desses estudos, uma vez que tem sido demonstrado que a suplementação de CHO durante um TCR também promove efeitos sobre o desempenho esportivo (Madsen et al. 1996; Desbrow et al. 2004; Osterberg et al. 2008; Hulston & Jeukendrup 2009), causando um fator que pode confundir a interpretação dos resultados desses estudos.

O levantamento dos artigos abordados na presente revisão foi realizado na base de dados PubMed, MEDLINE e Portal de Periódicos CAPES. Inicialmente, foram identificados os artigos que atenderam aos seguintes critérios: (a) artigos que apresentaram ligação entre a suplementação ou dieta de CHO com o exercício; (b) artigo original de pesquisa com seres humanos; (c) foram incluídos também artigos de revisão; (d) artigos nos quais o protocolo de exercício utilizado foi o ciclismo. Posteriormente,

foram identificados apenas os artigos que: (a) realizaram comparações entre dieta de alto teor de CHO *versus* (*vs.*) dieta com normal ou baixo conteúdo de CHO; (b) realizaram comparações entre suplementação de CHO *vs.* baixa ou nenhuma suplementação (placebo) de CHO. Os artigos que atenderam a todos os critérios supracitados foram inclusos na presente revisão.

### **Dieta prévia de CHO**

A grande maioria das investigações que verificaram os efeitos de vários dias de dieta com CHO sobre o desempenho esportivo utilizou protocolos de exercício de carga constante (Bergstrom et al. 1967; Galbo et al. 1979; Lima-Silva et al. 2009). No entanto, até o presente momento, ainda são poucos os estudos voltados a investigar a influência de vários dias de manipulação dietética de CHO sobre o desempenho em TCR de ciclismo, quando comparada a uma dieta controle/normal (NOR) ou com baixo CHO (BCHO) (Hawley et al. 1997; Burke et al. 2000; Rauch et al. 2005; Johnson et al. 2006).

Em 1997, Hawley e colaboradores investigaram se a elevação do conteúdo de GM pré-exercício, pela suplementação de uma dieta normal com CHO extra, resultaria em um melhor desempenho durante uma hora de TCR de ciclismo. De acordo com o desenho do estudo, seis ciclistas bem treinados foram envolvidos em três dias com ou  $9,3 \pm 0,7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  de massa corporal de CHO (SUP) ou a uma dieta considerada normal (NOR =  $5,9 \pm 1,4 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  de massa corporal de CHO). As concentrações iniciais de GM foram  $565 \pm 62$  vs.  $459 \pm 83 \text{ mmol/kg}$  de peso seco ( $P < 0,05$ ) para SUP e NOR, respectivamente. Os resultados revelaram que as distâncias percorridas em SUP e NOR foram similares ( $40,18 \pm 1,76$  vs  $40,41 \pm 1,44 \text{ km}$ , respectivamente). Além disso, a média de produção de potência (PP) foi praticamente a mesma entre SUP e NOR ( $264 \pm 29$  vs  $262 \pm 29 \text{ W}$ , respectivamente). Os autores sugeriram que, devido aos atletas consumirem uma dieta

com um consumo habitual de moderado a alto CHO e participarem de eventos de alta intensidade ( $\sim 80\% \text{ VO}_{2\text{max}}$ ), tais fatores não proporcionaram benefícios no desempenho de tais esportistas. Além disso, vale salientar que o protocolo dietético utilizado em NOR possui uma quantidade de CHO considerável, o que também pode ajudar na compreensão dos resultados obtidos nesse estudo.

Adicionalmente, Burke et al. (2000) avaliaram o efeito da dieta rica em CHO sobre o desempenho de ciclismo que foi projetado para ser semelhante as exigências das provas de rua. Em duas situações experimentais, sete sujeitos realizaram um TCR de 100 km após três dias de uma carga de CHO relativamente mais alta (CHO: 9 g de CHO/kg de massa corporal/dia) ou mais baixa (BCHO/PLA: 6 g de CHO/kg de massa corporal/dia). Durante os testes, 7g/100mL de uma solução contendo glicose foi fornecida aos participantes. Apesar de um aumento significativo nos níveis de GM em CHO ( $572 \pm 107$  mmol/kg de peso seco) quando comparado a BCHO/PLA ( $485 \pm 218$  mmol/kg de peso seco), os tempos (CHO:  $147,5 \pm 10$  vs. BCHO/PLA:  $149,1 \pm 11$  min) e a PP média (CHO:  $258,7 \pm 40,1$  vs. BCHO/PLA:  $253 \pm 40,1$  W) dos TCR não foram diferentes entre as condições. Os autores atribuíram os seus resultados a alguns fatores, entre eles: 1) um efeito placebo (PLA), 2) um aumento insuficiente das concentrações iniciais de GM e 3) uma possível concentração de glicose similar entre os testes devido à suplementação de CHO durante a prova. Mais uma vez, assim como no estudo de Hawley et al. (1997), o conteúdo de CHO em BCHO/PLA é relativamente alto. O uso de suplementação durante a prova também impede interpretar o efeito exclusivo da dieta sobre o desempenho.

Mais recentemente, Rauch et al. (2005) demonstraram que após três dias de uma dieta rica em CHO (ACHO) o conteúdo de GM aumentou significativamente (de  $104 \pm 11$  para  $151 \pm 9$  mmol/kg de peso seco;  $P < 0,05$ ). O desempenho de oito sujeitos em ACHO foi otimizado logo após o primeiro minuto (aproximadamente 10 %) de um TCR de uma hora precedido por um exercício de carga constante realizado a 65% da produção de

potência máxima ( $P_{max}$ ). Além disso, a média de PP ( $233 \pm 15$  vs.  $219 \pm 17$  W) e velocidade ( $38 \pm 1,1$  vs.  $36,7 \pm 1,2$  km/h) foi significativamente maior em CHO do que em NOR ( $P < 0,05$ ). Embora a quantidade de CHO ingerida durante o período da dieta não tenha sido informada pelos autores, é de se notar que o conteúdo de GM aumentou significativamente em ACHO, o que pode ter sido proporcionado por largas diferenças na quantidade de CHO ingerida na condição NOR, fato este que parece não ter sido ocorrido nos estudos de Hawley et al. (1997) e Burke et al. (2000), uma vez que a dieta NOR foi realizada com uma quantidade relativamente alta de CHO.

Em 2006, Johnson e colaboradores avaliaram o efeito de uma alterada disponibilidade de CHO durante um TCR de ciclismo. Após um protocolo de exercício para depletar as reservas de GM, oito ciclistas consumiram, durante os dois dias seguintes, dez garrafas (cinco por dia) contendo 9 g/kg de massa corporal/dia de CHO (ACHO) ou 0,1 g/kg de massa corporal/dia de CHO (BCHO/PLA). O protocolo experimental constou de um TCR de três horas, no qual os participantes ingeriram 7% de uma solução contendo glicose durante tais testes. Os resultados desse estudo revelaram que a 80% do total do TCR, a PP foi significativamente menor em BCHO/PLA do que em ACHO. Esse declínio na PP foi acompanhado por um comportamento similar na glicose plasmática. Foi sugerido pelos autores que a diminuição do rendimento em BCHO/PLA foi associada com as baixas concentrações de glicose plasmática, bem como um resultado da fadiga periférica relacionada à depleção de GM. Além disso, é de se notar que nesse estudo a diferença entre as quantidades de CHO nos dois tratamentos é relativamente larga (aproximadamente 99 %) em comparação aos estudos prévios (anos de 1997 e 2000) de Hawley et al. (aproximadamente 36 %) e Burke et al. (aproximadamente 33 %), respectivamente.

Além do baixo número de artigos disponíveis da literatura, os resultados apresentados pelos estudos supracitados são controversos, uma vez que algumas

questões metodológicas como a duração da prova e a maneira como o CHO é distribuído diferem entre os estudos. Uma possível explicação para o não melhoramento do desempenho após dias de dietas com CHO (Hawley et al. 1997; Burque et al. 2000) é a quantidade de substrato contida nas situações NOR e BCHO/PLA desses estudos acima mencionados, uma vez que estas também parecem fornecer uma considerável quantidade de CHO. Vale salientar que a suplementação adicional de CHO durante a prova causa confusão na interpretação dos resultados, visto que, também têm sido evidenciados na literatura os efeitos da suplementação de CHO durante a prova sobre o desempenho de ciclismo. Sendo assim, novas pesquisas deveriam ser direcionadas a tentar solucionar essas deficiências encontradas nesses estudos.

### **Suplementação de CHO antes da prova**

Os efeitos da suplementação de CHO antes de um TCR sobre o desempenho também tem sido demonstrados (Neufer et al. 1987; Sherman et al. 1989; 1991; el-Sayed et al. 1997; Palmer et al. 1998; Jentjens et al. 2003). Entretanto, tais investigações também apresentaram resultados conflitantes.

Estudos conduzidos no final dos anos 80 e na década de 90 revelaram uma melhora no desempenho após a suplementação pré-exercício de CHO em TCR de ciclismo. Sherman e colaboradores (1989; 1991) conduziram dois estudos destinados a determinarem os efeitos da ingestão de diferentes quantidades de CHO horas antes de um TCR de ciclismo. No primeiro destes estudos, Sherman et al (1989) constataram que após a ingestão de 312 g (4,5 g/kg de massa corporal) de CHO (ACHO) quatro horas antes de um exercício intermitente de 95 minutos, seguido por um TCR no qual foi requerido completar uma certa quantidade de trabalho equivalente a 45 minutos a 70 % do  $VO_{2max}$ , o desempenho no TCR foi melhorado em torno de 15 % em ACHO ( $47,9 \pm 3,7$

minutos), quando comparado a PLA ( $56,2 \pm 3,5$  minutos). Já em 1991, Sherman et al. submetem os atletas a três situações experimentais, utilizando suplementação de CHO com quantidades menores: 1) ACHO = 2,2 g/kg de massa corporal de CHO, 2) BCHO = 1,1 g/kg de massa corporal de CHO e 3) PLA = solução não-nutritiva. Os participantes consumiram as bebidas uma hora antes de um exercício no qual pedalarão a 70 % do  $VO_{2max}$  por 90 minutos e em seguida foram solicitados a completarem um TCR de aproximadamente 45 minutos (certa quantidade de trabalho equivalente a 45 minutos a 70 % do  $VO_{2max}$ ). Os resultados desse estudo revelaram que, quando os ciclistas foram suplementados com CHO (ACHO e BCHO), tanto a PP (13,1 %) quanto o tempo (12,5 %) de prova foram em média significativamente melhores do que em PLA. Em ambos os estudos os resultados foram atribuídos, principalmente, ao aumento da oxidação de CHO após a suplementação de tal substrato, quando comparado a uma situação PLA.

Os resultados encontrados nesses dois estudos foram similares aos achados de uma investigação prévia realizada por Neuffer et al. (1987), no qual foi constatado que a suplementação de CHO (45-240 g), cinco minutos antes de um exercício constituído por 45 minutos de ciclismo a 80 % do  $VO_{2max}$  seguido por 15 minutos de um TCR, resultou em um aumento significativo (em torno de 9-18 %) do trabalho realizado (N/m) em relação a PLA. Os autores associaram os resultados obtidos a uma aumentada disponibilidade e oxidação de CHO pelos músculos em atividade.

Anos depois, em 1997, os efeitos da suplementação de CHO pré-exercício sobre o desempenho em provas simuladas de ciclismo voltaram a ser investigados. Em um estudo realizado por el-Sayed et al. (1997), foram examinadas as respostas relacionadas ao desempenho após a suplementação de CHO em um TCR de ciclismo de uma hora. Oito ciclistas treinados ingeriram, em duas ocasiões, 4,5 mL/kg de uma bebida contendo uma solução sem glicose (PLA) ou uma solução com 8% de glicose (SUP). A média total de CHO por bebida em SUP foi  $25 \pm 0,9$  g. Os sujeitos receberam a bebida

imediatamente antes do aquecimento (20 minutos) de um TCR de uma hora. Assim como nos estudos anteriormente mencionados, o desempenho foi melhorado nessa investigação, uma vez que, quando comparada a PLA, a situação SUP mostrou um aumento significativo na PP ( $277 \pm 3$  vs.  $269 \pm 3$  W) e na distância percorrida ( $41,5 \pm 1$  vs.  $41 \pm 1$  km).

No ano seguinte, Palmer e colaboradores (1998) avaliaram os efeitos do consumo de CHO sobre o desempenho de 14 ciclistas treinados em um TCR de 20 km (~ 25-30 minutos). Inicialmente, 15 minutos antes do exercício, os atletas ingeriram uma solução de 8 mL/kg de massa corporal contendo CHO (aproximadamente 40 g) (SUP) ou PLA. Os tempos dos TCR de 20 km foram rigorosamente iguais entre as condições ( $27:41 \pm 1:39$  minutos) e as médias de potência não foram significativamente diferentes entre SUP ( $311,7 \pm 40,1$  W) e PLA ( $311,5 \pm 38,1$  W). Cinco anos mais tarde, Jentjens et al. (2003) determinaram os efeitos da ingestão de diferentes quantidades de glicose pré-exercício sobre o metabolismo de CHO e desempenho em ciclismo. Nove sujeitos realizaram quatro testes experimentais, nos quais consumiram 25 g (BCHO), 75 g (MCHO), 200 g (ACHO) de glicose ou uma solução adoçada artificialmente com água destilada (PLA) 45 minutos antes do exercício. O exercício consistiu de 20 minutos ciclismo a uma carga constante equivalente a 65 % da produção da potência máxima ( $P_{max}$ ), seguido por um TCR de aproximadamente 40 minutos ( $691 \pm 12$  kJ). Os resultados desse estudo revelaram que logo após o início do exercício de carga constante ocorreu um declínio nas concentrações plasmáticas de glicose nos três tratamentos suplementados com glicose, porém, em PLA, os níveis de glicose plasmática não foram alterados. Logo após o início do TCR, as concentrações de glicose voltaram a aumentar, mas não foram diferentes de PLA ao final do teste. Além disso, similarmente aos achados de Palmer et al. (1998), os tempos para completar os TCR, assim como as intensidades impostas durante os testes, não foram significativamente diferentes entre as condições. Juntos, os resultados destes

estudos sugerem que suplementação de CHO minutos antes do exercício não melhora o desempenho quando comparado a uma situação PLA. Porém, os autores desses estudos não conseguiram explicar de forma clara quais seriam as possíveis razões atribuídas a estes resultados.

Os resultados encontrados nos estudos acima mencionados são um tanto controversos. Além disso, nos estudos de Palmer et al. (1998) e Jentjens et al. (2003) os autores não conseguiram explicar os motivos pelos quais o rendimento não foi melhorado após a suplementação de CHO antes da prova. Uma possível explicação para essas divergências entre os estudos seria uma variação nos níveis de aptidão física individuais, visto que tal variável não foi mensurada de forma objetiva. Sendo assim, a realização de estudos adicionais seria necessária no intuito de compreender melhor os reais efeitos da suplementação de CHO antes de um TCR.

### **Suplementação de CHO durante a prova**

Os efeitos da suplementação de CHO durante TCR de ciclismo também tem sido demonstrado (Below et al. 1995; Madsen et al. 1996; Angus et al. 2000; Desbrow et al. 2004; van Essen & Gibala 2006; Osterberg et al. 2008; Hulston & Jeukendrup 2009). Estudos revelaram efeitos ergogênicos quando CHO foi ingerido durante provas simuladas de ciclismo (Below et al. 1995; Angus et al. 2000; van Essen & Gibala 2006; Osterberg et al. 2008; Hulston & Jeukendrup 2009), embora nem todos os estudos tenham encontrado uma melhora no desempenho (Madsen et al. 1996; Desbrow et al. 2004).

Em um estudo realizado por Angus et al. (2000), a eficácia da ingestão de CHO sobre o desempenho em um TCR simulado de ciclismo de aproximadamente 100 km (35 kJ/kg) foi analisada. Os atletas ingeriram 6 % de uma solução contendo CHO (SUP) ou

PLA no início e a cada 15 minutos da prova. O tempo para completar o TCR foi significativamente menor em SUP ( $166 \pm 7$  minutos) do que em PLA ( $178 \pm 11$  minutos). A PP no final da prova foi significativamente reduzida em PLA ( $212 \pm 18$  W), quando comparada a SUP ( $257 \pm 7$  W). Da mesma forma, a oxidação de CHO em PLA foi significativamente menor do que em SUP. Já a concentração de glicose plasmática, após 30 minutos do TCR, foi maior em SUP em relação à PLA. Os autores não deixaram claro, mas o aumento no desempenho em SUP pode ser atribuído a uma maior oxidação de CHO e a uma manutenção nas concentrações de glicose plasmática durante o TCR inteiro. Esses resultados encontrados no estudo de Angus et al. (2000) corroboram com os achados de uma investigação realizada mais recentemente por van Essen & Gibala (2006) que também mostraram um melhor desempenho após a suplementação de CHO (SUP:  $135 \pm 2$  vs. PLA:  $141 \pm 3$  minutos) durante um TCR de 80 km. Nesse estudo, apesar da oxidação de CHO não ter sido calculada, os níveis de glicose plasmática foram significativamente maiores em SUP em relação à PLA.

Investigando se uma bebida contendo CHO (SUP) melhoraria o desempenho em um TCR (aproximadamente 40 minutos) após 120 minutos de um exercício de carga constante de ciclismo, Osterberg et al. (2008) demonstraram que o tempo para completar a prova reduziu significativamente (em torno de 6 %) em relação à PLA. Os autores destacaram que esse efeito foi provavelmente devido à manutenção da glicose sanguínea durante o exercício, uma vez que os sujeitos consumiram 250 mL da bebida a cada 15 minutos do exercício de carga constante. No ano seguinte, Hulston & Jeukendrup (2009) investigaram a possibilidade de um efeito PLA do consumo de CHO durante uma prova de ciclismo prolongado. Em duas das três situações experimentais, dez ciclistas treinados realizaram um teste de ciclismo de carga constante de 120 minutos a 50 % da sua  $P_{\max}$  seguido por um TCR de aproximadamente uma hora ( $847 \pm 78$  kJ). Os participantes ingeriram 6 % de uma solução contendo CHO (SUP) ou água artificialmente aromatizada

(PLA) em 25, 50 e 75 % da conclusão do TCR. O desempenho melhorou em torno de 10,6 % em SUP ( $242 \pm 27$  W e  $59,6 \pm 2,8$  minutos) quando comparado a PLA ( $219 \pm 17$  W e  $65,9 \pm 5,5$  minutos). Visto que os participantes acreditaram que em PLA foi ingerido CHO, como mencionado pelos idealizadores da pesquisa, os mesmos sugeriram que os sinais de fadiga associados ao exercício prolongado poderiam substituir qualquer fator psicológico positivo que se manifesta como resultado de acreditar que recebeu um tratamento benéfico. Vale ressaltar, também, que em SUP as concentrações de glicose plasmática foram significativamente mais alta do que em PLA em diversos pontos ao longo do exercício, reforçando a noção de que o desempenho também tenha sido melhorado pela manutenção dos níveis de glicose durante o exercício.

Em contraste aos estudos supracitados, em um estudo prévio conduzido por Madsen et al. (1996), foi demonstrado que o desempenho em um TCR de 100 km não foi melhorado quando os atletas foram suplementados com CHO (85,7 g de maltodextrina e 87,5 g de glicose) durante o exercício, quando comparado com PLA (SUP:  $160,1 \pm 4,1$  vs. PLA:  $159,8 \pm 3,7$  minutos, respectivamente). Os autores sugeriram que devido à boa aptidão física dos atletas, eles conseguiram manter a produção de energia derivada da oxidação de gordura. Além disso, os resultados foram atribuídos ao fato de que os sujeitos foram avaliados durante o exercício realizado quatro horas após uma refeição, ao contrário de outros estudos que mostraram um efeito benéfico da suplementação de CHO, quando os atletas foram mantidos em jejum durante a noite. Por isso, os resultados obtidos por Madsen et al. (1996) sugerem que a disponibilidade de CHO (glicogênio muscular e glicose sanguínea) durante um TCR de 100 km não foi limitada. Similares achados foram encontrados por Desbrow et al. (2004), que demonstraram que o tempo (SUP:  $62,34 \pm 6,44$  vs. PLA:  $62,40 \pm 5,35$  minutos) e PP (SUP:  $283 \pm 25$  vs. PLA:  $282,9 \pm 29,3$  W) não foram melhorados após a ingestão de 14 mL/kg de uma solução contendo 6 % de CHO. Assim como no estudo de Madsen et al. (1996), no estudo de Desbrow et al.

(2004) os sujeitos também não realizaram os testes em jejum. Tal condição (alimentação pré-exercício) pode ter mascarado os efeitos da ingestão de CHO durante o exercício.

Embora os mecanismos responsáveis pelo aumento do desempenho com a ingestão de CHO durante o exercício não sejam completamente elucidados, tais melhoras tem sido amplamente demonstradas em esforços até a exaustão e relacionados à manutenção dos níveis de glicose sanguínea (prevenindo a hipoglicemia) e a uma alta taxa de oxidação de CHO (Bergstrom et al. 1967). No entanto, em exercícios que refletem um cenário competitivo, no qual um dado tempo, distância ou trabalho são previamente estabelecidos como nos TCRs, os efeitos ergogênicos da suplementação de CHO durante o TCR ainda precisam ser melhores estabelecidos. Uma possível explicação para os resultados controversos encontrados nos estudos supracitados é a condição dietética em que o sujeito se encontra, visto que, nas investigações onde o desempenho não foi melhorado com a suplementação de CHO durante a prova, os sujeitos do estudo tinham realizado algum tipo de alimentação ou suplementação prévia. Como consequência desta “pré-alimentação”, os efeitos da suplementação de CHO durante a prova podem ter sido mascarados.

## **CONCLUSÃO**

Os resultados dos estudos apresentados na presente revisão revelaram, de maneira geral, que a manipulação dietética de CHO dias antes, minutos antes e durante a prova, promove melhoras no desempenho em TCR, confirmando a relevância da disponibilidade de CHO como um recurso ergogênico em TCR de ciclismo. Por outro lado, alguns estudos, também presentes nesta revisão, mostraram que a suplementação de CHO não acarretou em melhoras no desempenho. Essas respostas controversas, obtidas após diferentes formas suplementação, suportam a noção de que os mecanismos pelos

quais as melhoras no desempenho após a suplementação de CHO poderiam ser explicadas, ainda não estão claros. Por isso, alguns aspectos metodológicos como o tempo, a quantidade e o tipo de CHO ingerido devem ser observados com cautela, uma vez que pequenas variações em um desses fatores podem proporcionar resultados adversos em termos de desempenho. Além disso, outros fatores tais como a duração e a intensidade do exercício, muitas vezes podem contribuir de forma negativa para o entendimento desse fenômeno. Dessa forma, pesquisas adicionais deveriam ser realizadas para elucidar melhor os efeitos das diferentes formas de suplementação de CHO sobre o desempenho esportivo em TCR de ciclismo.

**Tabela 1.** Resumo dos estudos sobre os possíveis efeitos de diferentes formas da manipulação dietética de carboidrato sobre o desempenho em testes contra-relógio de ciclismo.

Referência	Tamanho da Amostra (n)	Participantes	Protocolo de Exercício	Protocolo de Suplementação	Quando Consumido	Desempenho após suplementação
<b>Dieta Prévia de CHO</b>						
Burke et al. (2000)	7	T	TCR de 100 km	ACHO (9 g/kg de massa corporal) ou MCHO (6 g/kg). CHO = 1 g/kg durante	3 dias antes e durante o TCR	Não Melhorou
Hawley et al. (1997)	6	BT	TCR de 1 h	SUP (9,3 g/kg) ou NOR (5,9 g/kg)	3 dias antes do TCR	Não Melhorou
Johnson et al. (2006)	8	T	TCR de 3 h	ACHO (9 g/kg) ou BCHO (0,1 g/kg). CHO = 7 % de glicose durante	2 dias antes do TCR	Melhorou (NI)
Rauch et al. (2005)	8	T	120 min a 65 % $P_{max}$ seguido por TCR de 1 h	ACHO ou NOR. CHO = 10 % de glicose durante	3 dias antes do TCR e durante as primeiras 2 h	Melhorou (~ 6%)
<b>Suplementação com CHO antes da prova</b>						
el-Sayed et al. (1997)	8	T	TCR de 1 h	SUP (8 % de glicose) ou PLA	Antes do aquecimento de	Melhorou (~ 3%)

				(sem glicose).	20 min.	
Jentjens et al. (2003)	9	T	20 min a 65 % da $P_{max}$ seguido por TCR de ~ 40 min ( $691 \pm 12$ kJ).	BCHO (25 g), ou MCHO (75 g), ou ACHO (200 g), ou PLA (0 g).	45 min antes do TCR.	Não Melhorou.
Neufer et al. (1987)	10	BT	45 min a 80 % do $VO_{2max}$ seguido por TCR de 15 min.	SCHO (45 g), ou LCHO (45 g), ou M + SCHO (200 g) ou PLA.	SCHO, LCHO e PLA (5 min antes do TCR). M + SCHO (4 h antes e 5 min antes do TCR)	Melhorou (~14%)
Palmer et al. (1998)	14	T	TCR de 20 km (~ 25-30 min).	SUP (40 g de CHO) ou PLA.	15 min antes do TCR	Não Melhorou
Sherman et al. (1989)	10	FA	95 min a 52-70 % do $VO_{2max}$ seguido por TCR de ~ 45 min (completar um número de rpm equivalente a 45 min).	ACHO (312 g) ou PLA.	4 h antes do TCR	Melhorou (~ 15%)
Sherman et al. (1991)	9	FA	90 min a 70 % do $VO_{2max}$ seguido por TCR de ~ 45 min (completar um número de rpm equivalente	NOR (2,2 g/kg), ou BCHO (1,1 g/kg), ou PLA.	1 h antes do TCR.	Melhorou (~ 13%)

---

 a 45 min).

**Suplementação de CHO durante o TCR**

Angus et al. (2000)	8	T	~ 100 km (35 kJ/kg).	SUP (6 % CHO) ou PLA.	Cada 15 min durante o TCR.	Melhorou (~17%).
Below et al. (1995)	8	T	50 min de exerc. de carga constante, seguido por TCR ~ 10 min (certa quantidade de trabalho o mais rápido possível).	SUP (79 g) ou PLA.	Início, 15 min, 25 min e 34 min durante o TCR.	Melhorou (~ 6%).
Desbrow et al. (2004)	9	BT	TCR de ~ 60 min (certa quantidade de trabalho o mais rápido possível).	SUP (6 % de CHO e eletrólitos) ou PLA.	Durante 20-30, 50-60 e 70-80 % da quantidade total de trabalho.	Não Melhorou.
Hulton & Jeukendrup (2009)	10	T	120 min a 50 % da $P_{max}$ seguido por TCR de ~ 1 h ( $847 \pm 78$ kJ).	SUP (6 % de CHO) ou PLA.	Durante 25, 50 e 75 % da conclusão do TCR.	Melhorou (~ 10%).
Osterberg et al. (2008)	13	T	120 min a 5 % abaixo do primeiro limiar de lactato.	SUP (6 % de CHO) ou PLA.	Cada 15 min do TCR.	Melhorou (~ 6%).
Madsen et al.	9	BT	100 km.	SUP (5 % de	Início, após 15	Não Melhorou.

---

---

(1996)				CHO) ou PLA.	min, após 35 min e em seguida a cada 30 min do TCR.	
van Essen & Gibala (2006)	10	T	TCR de 80 km.	SUP (6 % de CHO) ou PLA.	Cada 15 min do TCR.	Melhorou (~ 4%).

---

T: treinados; BT: bem treinados; FA: fisicamente ativos; TCR: teste contra-relógio; CHO: carboidrato; NI: não informado; ACHO: suplementado com alto carboidrato; BCHO: suplementado com baixo carboidrato; MCHO: suplementado com moderado carboidrato; M + SCHO: refeição prévia + carboidrato sólido; LCHO: carboidrato líquido; SCHO: carboidrato sólido; SUP: suplementado com carboidrato; NOR: suplementado com conteúdo normal de carboidrato; PLA: placebo.

## REFERÊNCIAS

- ANGUS, D. J.; HARGREAVES, M.; DANCEY, J.; FEBBRAIO, M. A. Effect of carbohydrate or carbohydrate plus medium-chain triglyceride ingestion on cycling time trial performance. *J Appl Physiol*, 2000, v. 88, p. 113-119.
- BALDWIN, J.; SNOW, R. J.; GIBALA, M. J.; GARNHAM, A.; HOWARTH, K.; FEBBRAIO, M. A. Glycogen availability does not affect the TCA cycle or TAN pools during prolonged, fatiguing exercise. *Journal of Applied Physiology*, 2003, v. 94, p. 2181-2187.
- BELOW, P. R.; MORA-RODRÍGUEZ, R.; GONZÁLEZ-ALONSO, J.; COYLE, E. F. Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1 h of intense exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1995, v. 27, p. 200-210.
- BERGSTRÖM, J.; HERMANSEN, L.; HULTMAN, E.; SALTIN, B. Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiologica Scandinavica*, 1967, v. 71, p. 140-150.
- BURKE, L. M.; HAWLEY, J. A.; SCHABORT, E. J.; ST CLAIR GIBSON, A.; MUJIKA, I.; NOAKES, T. D. Carbohydrate loading failed to improve 100-km cycling performance in a placebo-controlled trial. *Journal of Applied Physiology*, 2000, v. 88, p. 1284-1290.
- DESBROW, B.; ANDERSON, S.; BARRETT, J.; RAO, E.; HARGREAVES, M. Carbohydrate-electrolyte feedings and 1 h time trial cycling performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 2004, v.14, p. 541-549.
- el-SAYED, M. S.; BALMER, J.; RATTU, A. J. Carbohydrate ingestion improves endurance performance during a 1 h simulated cycling time trial. *Journal of Sports Science*, 1997, v. 15, p. 223-230.
- GALBO, H.; HOLST, J. J.; CHRISTENSEN, N. J. The effect of different diets and of insulin on the hormonal response to prolonged exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 1979, v. 107, p. 19-32.
- HAWLEY, J. A.; PALMER, G. S.; NOAKES, T. D. Effects of 3 days of carbohydrate supplementation on muscle glycogen content and utilisation during a 1-h cycling

performance. *European Journal of Applied Physiology Occupational Physiology*, 1997, v. 75, p. 407-412.

HULSTON, C. J.; JEUKENDRUP, A. E. No placebo effect from carbohydrate intake during prolonged exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 2009, v. 19, p. 275-284.

JENTJENS, R. L.; CALE, C.; GUTCH, C.; JEUKENDRUP, A. E. Effects of pre-exercise ingestion of differing amounts of carbohydrate on subsequent metabolism and cycling performance. *European Journal of Applied Physiology*, 2003, v. 88 p. 444-452.

JEUKENDRUP, A. E.; HOPKINS, S.; ARAGÓN-VARGAS, L. F.; HULSTON, C. No effect of carbohydrate feeding on 16 km cycling time trial performance. *European Journal of Applied Physiology*, 2008, v. 104, p. 831-837.

JOHNSON, N. A.; STANNARD, S. R.; CHAPMAN, P. G.; THOMPSON, M. W. Effect of altered pre-exercise carbohydrate availability on selection and perception of effort during prolonged cycling. *European Journal of Applied Physiology*, 2006, v. 98, p. 62–70.

LIMA-SILVA, A. E.; BERTUZZI, R. C.; PIRES, F. O.; FRONCHETTI, L.; GEVAERD, M. S.; De-OLIVEIRA, F. R. A low carbohydrate diet affects autonomic modulation during heavy but not moderate exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 2010, v. 108, p. 1133-1140.

LIMA-SILVA, A. E.; De-OLIVEIRA, F. R.; NAKAMURA, F. Y.; GEVAERD, M. S. Effect of carbohydrate availability on time to exhaustion in exercise performed at two different intensities. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 2009, v. 42, 404-412.

LIMA-SILVA, A. E.; PIRES, F. O.; BERTUZZI, R. C.; LIRA, F. S.; CASARINI, D.; KISS, M. A. Low carbohydrate diet affects the oxygen uptake on-kinetics and rating of perceived exertion in high intensity exercise. *Psychophysiology*, 2011, v. 48, p. 277-284.

MADSEN, K.; MACLEAN, D. A.; KIENS, B.; CHRISTENSEN, D. Effects of glucose, glucose plus branched-chain amino acids, or placebo on bike performance over 100 km. *Journal of Applied Physiology*, 1996, v. 81, p. 2644-2650.

NEUFER, P. D.; COSTILL, D. L.; FLYNN, M. G.; KIRWAN, J. P.; MITCHELL, J. B.; HOUMARD, J. Improvements in exercise performance: effects of carbohydrate feedings and diet. *Journal of Applied Physiology*, 1987, v. 62, p. 983-988.

OSTERBERG, K. L.; ZACHWIEJA, J. J.; SMITH, J. W. Carbohydrate and carbohydrate + protein for cycling time-trial performance. *Journal of Sports Science*, 2008, v. 26, p. 227-233.

PALMER, G. S.; CLANCY, M. C.; HAWLEY, J. A.; RODGER, I. M.; BURKE, L. M.; NOAKES, T. D. Carbohydrate ingestion immediately before exercise does not improve 20 km time trial performance in well trained cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 1998, v. 19, p. 415-418.

RAUCH, H. G.; ST CLAIR GIBSON, A.; LAMBERT, E. V.; NOAKES, T. D. A signalling role for muscle glycogen in the regulation of pace during prolonged exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 2005, v. 39, p. 34–38.

SHERMAN, W. M.; BRODOWICZ, G.; WRIGHT, D. A.; ALLEN, W. K.; SIMONSEN, J.; DERNBACH, A. Effects of 4 h preexercise carbohydrate feedings on cycling performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1989, v. 21, p. 598-604.

SHERMAN, W. M.; PEDEN, M. C.; WRIGHT, D. A. Carbohydrate feedings 1 h before exercise improves cycling performance. *Am J Clin Nutr*, 1991, v. 54, p. 866-870.

van ESSEN, M.; GIBALA, M. J. Failure of protein to improve time trial performance when added to a sports drink. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2006, v. 38, p. 1476-1483.

VANDENBERGHE, K.; HESPEL, P.; EYNDE, B. V.; LYSSENS, R.; RICHTER, E. A. No effect of glycogen level on glycogen metabolism during high intensity exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1995, v. 27, p. 1278-1283.

**2º artigo: artigo de resultados**

CORREIA-OLIVEIRA CR, LIMA-SILVA AE. Efeito da depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo I e II sobre a estratégia de prova em ciclismo de média duração. Revista de Intenção: *Medicine & Science in Sports & Exercise*.

## RESUMO

**Objetivo:** O objetivo do presente estudo foi verificar o efeito da depleção seletiva de GM das fibras do tipo I e II sobre a estratégia de prova em ciclismo de média duração. **Métodos:** Dez ciclistas amadores realizaram um teste controle sem depleção de GM (CONT) e dois testes após depleção seletiva de GM (DEP-FIB I e DEP-FIB II). As condições DEP-FIB I e DEP-FIB II foram induzidas por protocolos de depleção seletiva de GM na noite anterior aos testes. **Resultados:** O desempenho foi prejudicado em ambas as condições de GM reduzido quando comparado a CONT ( $P < 0,05$ ). No primeiro 1/4 da prova a produção de potência (PP) foi reduzida em DEP-FIB I quando comparada a CONT ( $P < 0,05$ ), mas não houve diferença entre CONT e DEP-FIB II ( $P > 0,05$ ). No terceiro 1/4, PP foi menor em DEP-FIB I e DEP-FIB II quando comparada a CONT ( $P < 0,05$ ). Na parte final, a PP não foi diferente entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ). A atividade eletromiográfica integrada (iEMG) e produção de potência anaeróbia ( $PP_{an}$ ) não foram diferentes entre as condições em nenhum trecho ( $P > 0,05$ ). A produção de potência aeróbia ( $PP_{aer}$ ) no início da prova foi menor em DEP-FIB I quando comparada a CONT ( $P < 0,05$ ). **Conclusão:** A redução no desempenho em DEP-FIB I pode ser atribuída a uma menor contribuição aeróbia e uma instauração da fadiga periférica no início da prova. Em DEP-FIB II tal redução reforça a idéia da fadiga periférica, com um maior prejuízo no trecho médio.

**Palavras-chave:** carboidrato, contribuição aeróbia, contribuição anaeróbia, atividade eletromiográfica, desempenho.

## ABSTRACT

**Aim:** The aim of present study was to investigate the effect of selective muscle glycogen (MG) depletion (type I and II fibers) on pacing strategy during a middle-duration cycling time trial (TT). **Methods:** Ten amateur cyclists performed a control test without muscle glycogen depletion (CONT) and two tests after selective MG depletion (FIB I-DEP and FIB II-DEP). The FIB I-DEP and FIB II-DEP situations were induced by protocols of selective muscle glycogen depletion on night before the tests. **Results:** The performance was impaired in both conditions of MG reduced when compared to CONT ( $P < 0.05$ ). In the first quarter of the TT the power output (PO) was reduced in FIB I-DEP when compared to CONT ( $P < 0.05$ ), but there was no difference between CONT and FIB II-DEP ( $P > 0.05$ ). In the third quarter, PO was lower in FIB I-DEP and FIB II-DEP when compared to CONT ( $P < 0.05$ ). In the end, PO was not different between treatments ( $P > 0.05$ ). The integrated electromyography (iEMG) and anaerobic power output ( $PO_{an}$ ) were not different between conditions in any segment ( $P > 0.05$ ). The aerobic power output ( $PO_{aer}$ ) on beginning of the test was lower in FIB I-DEP when compared to CONT ( $P < 0.05$ ). **Conclusion:** The reduction on performance in FIB I-DEP may be attributed to a lower aerobic contribution and an establishment of peripheral fatigue at the start of the TT. In FIB II-DEP such reduction reinforces the idea of the peripheral fatigue, with a greater loss in the middle section.

**Keywords:** carbohydrate, aerobic contribution, anaerobic contribution, electromyographic activity, performance.

## INTRODUÇÃO

*Parágrafo número 1.* O estoque de carboidrato (CHO) endógeno é uma importante fonte energética durante o exercício (10). Entre as formas de estocar CHO endógeno, a principal é o glicogênio muscular (GM) (17,18,20,46). Diversos estudos demonstraram que o aumento das reservas de GM promove melhoras no desempenho esportivo, tanto de exercícios prolongados (8,10,33), quanto em esforços curtos de alta intensidade (36,37,52). Por outro lado, a depleção de GM pode prejudicar o desempenho esportivo, promovendo quedas acentuadas no tempo de permanência em uma dada intensidade (8,10,33,35,36,45).

*Parágrafo número 2.* Além da depleção de GM alterar o desempenho durante exercícios de intensidade constante, a disponibilidade de GM também pode afetar o desempenho durante exercícios de intensidade variada (com distância, tempo ou trabalho total preestabelecido), chamados de teste contra-relógio (TCR). Em um estudo realizado por Rauch et al. (45), foi demonstrado que após três dias de dieta rica em CHO, o conteúdo de GM aumentou significativamente. Em consequência desse aumento, a produção de potência (PP) logo após o primeiro minuto de um TCR de uma hora aumentou em aproximadamente 10W, quando comparado a uma dieta normal. Além disso, a PP permaneceu maior (em média 14W) durante todo o TCR devido a maior taxa de utilização de GM. Isso sugere que a estratégia de prova pode ser influenciada pelas concentrações iniciais de GM (45,51).

*Parágrafo número 3.* A forma como o atleta programa a execução de um TCR é denominada de estratégia de prova. Tem sido demonstrado na literatura que

aumentos ou diminuições na PP são acompanhados por uma alteração paralela da atividade eletromiográfica integrada (iEMG), indicando um controle neural sobre a estratégia de prova (3,4,6,40,41,48). A estratégia de prova normalmente utilizada em TCR de média duração (4.000 m, por exemplo), é uma saída rápida, seguida de uma queda gradual e um aumento na PP no final da prova (7,34,47). Devido a saída rápida de alta intensidade nesse tipo de prova, é provável que ambas as fibras musculares passem rapidamente a serem recrutadas logo no início, mas com maior contribuição das fibras do tipo II, que são mais utilizadas em esforços de alta intensidade (13,26,27,49,53). Isso pode gerar também uma maior contribuição anaeróbia no início da prova (16,22,29,30). Entretanto, como esse tipo de fibra é mais rapidamente fadigável, seria plausível imaginar que, o declínio na potência logo após o início da prova poderia estar relacionado à fadiga das fibras do tipo II, sendo o próximo trecho da prova suportado predominantemente pelas fibras do tipo I, que são menos potentes, mas mais resistentes (9,12,24,43,44,55). Nesse caso, a necessidade energética seria suprida predominantemente pelo metabolismo aeróbio, uma vez que esse tipo de fibra utiliza o sistema oxidativo como fonte primária de fornecimento de energia (12,25,28). Uma forma interessante para testar essa hipótese seria induzir a depleção seletiva do glicogênio de apenas um dos tipos de fibra (I ou II) e verificar as alterações que essa manipulação pode causar na estratégia de prova. Nenhum estudo, ao menos em nosso conhecimento, investigou se a depleção seletiva de GM de apenas um dos tipos de fibra (I ou II) teria também efeito sobre a estratégia de prova em ciclismo de média duração.

*Parágrafo número 4.* Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi verificar o efeito da depleção seletiva de GM das fibras do tipo I e II sobre a estratégia de prova em

ciclismo de média duração (4.000 m). Adicionalmente, foram verificadas as alterações na atividade eletromiográfica integrada (iEMG) e na contribuição aeróbia e anaeróbia nos diferentes trechos da prova de 4.000 m e comparados entre as diferentes situações de depleção seletiva de GM. A hipótese do presente estudo foi a de que a depleção do conteúdo de GM das fibras do tipo II prejudicaria a PP no início da prova, enquanto a depleção das fibras do tipo I prejudicaria a PP no ponto médio da prova.

## **MÉTODOS**

### ***Amostra***

*Parágrafo número 5.* Dez indivíduos (idade  $33 \pm 2$  anos, peso  $74,4 \pm 3,3$  kg, estatura  $173,7 \pm 2,4$  m, gordura corporal  $12,3 \pm 1,6$  %, consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ )  $4,1 \pm 0,1$  L·min<sup>-1</sup> ( $55,3 \pm 2,6$  mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>), PP máxima (PP<sub>max</sub>)  $253,5 \pm 8,6$  W), praticantes amador de ciclismo ( $\geq 30$  minutos por seção e  $\geq 150$  km por semana), fizeram parte desse estudo após assinarem um termo de consentimento livre e esclarecido. Os indivíduos foram informados antes do início dos testes de todos os procedimentos e possíveis riscos e benefícios da pesquisa. O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Alagoas (Nº do processo: 010870-2010-18). Apenas participaram da pesquisa os sujeitos que apresentaram liberação médica para a prática de exercícios físicos.

### ***Desenho experimental***

*Parágrafo número 6.* Cada indivíduo compareceu ao laboratório sete vezes até o término do estudo. Primeiramente, todos os indivíduos foram submetidos a uma avaliação antropométrica para determinação da massa corporal, estatura e percentual de gordura, este último utilizando as dobras cutâneas do peitoral, abdômen e coxa (32). Em seguida realizaram um teste incremental máximo para determinar seu  $VO_{2max}$  e a  $PP_{max}$ .

*Parágrafo número 7.* Na segunda visita, os participantes realizaram um teste de familiarização semelhante ao utilizado como protocolo experimental. Após estarem familiarizados com o protocolo de testes, nas visitas subsequentes os sujeitos realizaram: 1) um teste controle sem depleção de GM (CONT), 2) um teste experimental após depleção seletiva dos estoques de GM das fibras do tipo I (DEP-FIB I) e; 3) um teste experimental após depleção seletiva dos estoques de GM das fibras do tipo II (DEP-FIB II). Na noite anterior aos testes DEP-FIB I e DEP-FIB II, os indivíduos compareceram ao laboratório para induzir a depleção das reservas de GM das fibras do tipo I ou II, respectivamente, com um protocolo de exercício específico para cada situação [13,27,49]. A ordem de aplicação desses três últimos testes foi determinada de forma contrabalançada. Um período de sete dias foi adotado para *wash-out* (para remover os efeitos da fadiga) entre as três situações experimentais (figura 1).

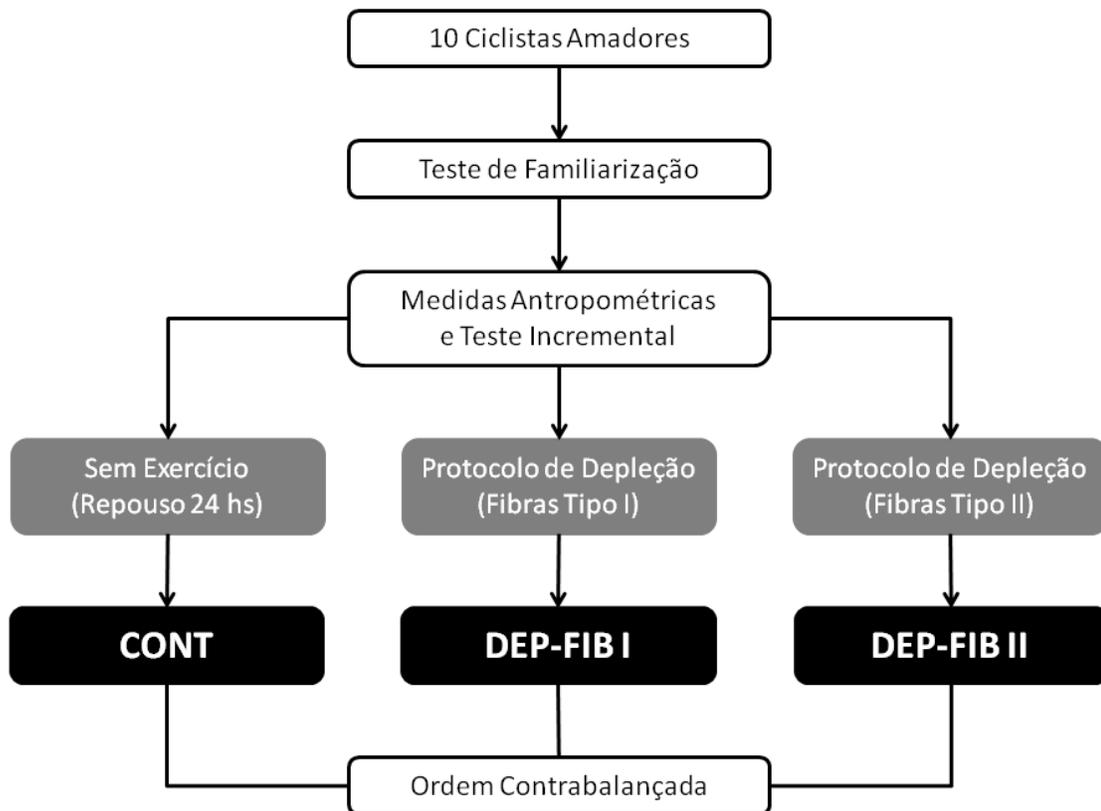


Figura 1. Desenho experimental. CONT: controle; DEP-FIB I: teste experimental após depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo I; DEP-FIB II: teste experimental após depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo II.

*Parágrafo número 8.* Os sujeitos do estudo foram orientados a não realizarem atividades físicas vigorosas, não ingerirem substâncias cafeinadas (café, chocolate, mate, pó-de-guaraná, coca-cola e guaraná) ou alcoólicas nas 24 horas precedentes aos testes. O desempenho nos testes não foi revelado aos sujeitos até que todos os testes tivessem sido realizados.

### ***Teste Incremental***

*Parágrafo número 9.* Os sujeitos pedalarão em um ciclossimulador (Trainer Flow Ergo T1680, Tacx, Wassenaar, Holanda) a 100 W durante três minutos para aquecimento. Após esse período, foram aplicados incrementos de 30W a cada minuto, onde os indivíduos mantiveram uma rotação de pedal entre 80 e 90 rev.min<sup>-1</sup>. Quando os sujeitos não conseguiram manter a cadência dentro desse intervalo, foram dadas duas tentativas para que a cadência fosse restabelecida para o intervalo recomendado. O teste foi interrompido quando os sujeitos não conseguiram manter a cadência dentro desse intervalo numa terceira ocasião. Durante todo o teste, medidas de consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>), produção de dióxido de carbono (VCO<sub>2</sub>) e ventilação (VE) foram obtidas através de um analisador automático de trocas gasosas (Quark CPET; Cosmed, Roma, Itália). Os valores de VO<sub>2</sub> e VCO<sub>2</sub> foram convertidos a média a cada dez segundos e o VO<sub>2max</sub> foi considerado como a média dos últimos trinta segundos do teste. A PP<sub>max</sub> foi considerada como a maior PP alcançada durante o último estágio completo de 1 minuto. Quando o sujeito não conseguiu manter a PP durante todo o último estágio (< 1 minuto), a PP<sub>max</sub> foi determinada a partir da seguinte equação:

$$PP_{max} = PP_c + [(t/60) \times 30] \quad (1)$$

onde PP<sub>c</sub> é a PP (em W) do último estágio completo, t é o tempo (em segundos) permanecido durante o último estágio incompleto e 30 corresponde ao incremento da PP (em W) em cada estágio. O teste foi considerado máximo quando pelo menos dois dos seguintes critérios foram atingidos: 1) ocorrer um aumento inferior a 150 ml.min<sup>-1</sup> no VO<sub>2</sub> após o incremento da carga; 2) obter no último estágio uma razão

de trocas respiratórias ( $R \geq 1,10$ ; 3) obter uma frequência cardíaca (FC)  $\geq$  a 90% da máxima ( $FC_{max}$ ) predita pela idade ( $220 - idade$ ).

### ***Testes de Familiarização***

*Parágrafo número 10.* Os sujeitos realizaram um teste de familiarização para se adaptarem aos procedimentos dos TCR. Antes do teste, os sujeitos realizaram um repouso de 5 minutos, seguido por um aquecimento a 100 W durante 5 minutos. Após o aquecimento, foi realizada uma recuperação de 5 minutos, seguida pelo TCR de 4.000 m. Os sujeitos foram instruídos a finalizarem a prova no menor tempo possível. Os participantes ficaram livres para ajustar o ritmo durante a prova e foram informados sobre a distância percorrida a cada 200 m.

### ***Protocolo para depleção das reservas de GM***

*Parágrafo número 11.* Cada indivíduo compareceu ao laboratório no dia anterior aos testes DEP-FIB I e DEP-FIB II para depletar os estoques de GM das fibras do tipo I ou II, respectivamente. Para depletar o GM das fibras do tipo I, os indivíduos pedalarão em uma intensidade correspondente a 30 % da  $PP_{max}$  ( $75,9 \pm 2,6$  W) durante três horas (13,27). Para depletar as reservas de GM das fibras do tipo II, dez séries de um minuto de exercício, intercaladas por cinco minutos de pausa, foram realizadas em uma intensidade correspondente a 120 % da  $PP_{max}$  ( $303,8 \pm 10,3$  W) (13,49). Esse protocolo de depleção seletiva de GM das fibras do tipo I e II foi validado por Carter et al. (9) no qual, com biópsia do músculo vasto lateral (VL) em humanos, demonstraram que após o exercício a 30 % da  $PP_{max}$  durante três

horas, aproximadamente 94 % das fibras do tipo I tiveram o GM reduzido, porém, apenas aproximadamente 30 % e 4 % das fibras do subtipo IIa e IIb, respectivamente, tiveram suas reservas de GM reduzidas. Por outro lado, após o exercício a 120 % da  $PP_{max}$ , aproximadamente 99 % das fibras do tipo II (subtipo IIa e IIb) tiveram as reservas de GM reduzidas, enquanto que apenas aproximadamente 15 % das fibras do tipo I diminuíram suas reservas de GM. Estes resultados foram similares aos encontrados por Gollnick et al. (27) (protocolo de depleção das fibras do tipo I) e Thomson et al. (49) (protocolo de depleção das fibras do tipo II).

### ***Testes Experimentais***

*Parágrafo número 12.* Os indivíduos realizaram os testes experimentais no período da manhã. Uma hora antes dos testes, os sujeitos consumiram um café da manhã balanceado, com concentração normal de CHO na situação CONT ( $67,3 \pm 3,9$  % de CHO,  $15,2 \pm 1,9$  % de proteínas e  $19,6 \pm 2,6$  % de lipídios) ou contendo baixo CHO ( $12,7 \pm 0,1$ % de CHO,  $26,7 \pm 0,1$ % de proteínas e  $60,6 \pm 0,1$ % de lipídios) para DEP-FIB I e DEP-FIB II. Durante esses testes foram adotados os mesmos procedimentos realizados no teste de familiarização.

### ***Mensuração das variáveis dependentes***

*Parágrafo número 13.* O  $VO_2$ ,  $VCO_2$  e VE foram mensurados, respiração a respiração, durante todos os testes experimentais. Para isso, os indivíduos utilizaram uma máscara com respostas da ventilação e trocas gasosas mensuradas

por um sistema computadorizado e com transmissão imediata, respiração a respiração, para um *software* específico (Quark CPET; Cosmed, Roma, Itália). O volume de ar expirado foi mensurado através de um sensor de fluxo bidirecional, calibrado antes do início de cada teste com uma seringa contendo três litros de ar. A fração expirada de O<sub>2</sub> foi analisada com sensor de zircônio e a fração expirada de CO<sub>2</sub> por absorção de infravermelho. Ambos os sensores foram calibrados de forma automática antes do início de cada teste, utilizando cilindro com concentração conhecida de O<sub>2</sub> (16%) e CO<sub>2</sub> (5%).

*Parágrafo número 14.* Ao final do repouso, antes (pré TCR) e imediatamente após o término do TCR (final TCR), foram obtidos 25 microlitros (µL) de sangue do lóbulo da orelha. As amostras de sangue foram transferidas para micro-tubos contendo fluoreto de sódio (NaF 1 %) e em seguida centrifugadas a 3.000 rpm a 5 °C por um período de dez minutos. As concentrações plasmáticas de [La] foram mensuradas (kit Biotécnica, Varginha, Brasil) através de reações colorimétricas em espectrofotômetro (modelo Q798U2V5, Quimis®, São Paulo, Brasil). A PP foi mensurada a cada segundo pelo *software* do ciclossimulador (Trainer Flow Ergo T1680, Tacx, Wassenaar, Holanda). A FC foi mensurada a cada ciclo respiratório por um sistema computadorizado e com transmissão imediata, via *wireless*, para um *software* específico (Quark CPET; Cosmed, Roma, Itália).

*Parágrafo número 15.* Para obtenção do sinal de EMG, foi realizada uma tricotomia, esfoliação e limpeza da pele da coxa direita do participante com álcool isopropílico para diminuir a impedância para valores menores que 150 Ω, com aplicação de gel condutor, para a colocação de um par de eletrodos de barra bipolares de superfície

de Ag/AgCl (Hal, São Paulo, Brasil), com distância inter-eletrodos de 1cm. Os eletrodos foram colocados no maior volume muscular, seguindo a provável orientação das fibras do músculo VL. Antes do aquecimento dos TCR, cada sujeito realizou três contrações voluntárias máximas (CVM) isométricas de extensão do joelho de ambas as pernas, tendo cada contração 5 segundos de duração e 1 minuto de descanso entre as mesmas. Durante as CVM, os sujeitos permaneceram sentados em uma cadeira com o joelho flexionado a um ângulo de 60° (extensão considerada como 0°) (6). O pico de força durante as três contrações foi medido por uma célula de carga (EMG System Brasil, São Paulo, Brasil). O nível máximo de EMG do músculo VL direito durante a extensão bem como durante a prova foram mensurados com uma frequência de aquisição de 2000 Hz por um eletromiógrafo (modelo 410C de 4 canais, EMG System Brasil, São Paulo, Brasil). Durante a prova, o sinal de iEMG do músculo VL da coxa direita foi registrado por cinco segundos a cada 200 m.

### ***Análise dos dados***

*Parágrafo número 16.* Primeiramente, os dados ( $VO_2$ , PP,  $PP_{aer}$ ,  $PP_{an}$  e iEMG) foram convertidos a média a cada 200 m (intervalos 0-200, 200-400...3.800-4.000 m). Posteriormente, tais dados foram convertidos a média a cada 1.000 m (0-1.000, 1.000-2.000, 2.000-3.000 e 3.000-4.000 m).

*Parágrafo número 17.* As PP aeróbia ( $PP_{aer}$ ) e anaeróbia ( $PP_{an}$ ) foi estimada a partir de cálculos que utilizam a potência metabólica e a eficiência mecânica grossa.

Primeiramente, a potência metabólica ( $P_{met}$ ) foi calculada a partir da seguinte equação:

$$P_{met} = VO_2 \text{ (L} \cdot \text{min}^{-1}) \cdot ((4940 \cdot \text{RER} + 16040) / 60) \quad (2)$$

onde,  $P_{met}$  é a potência metabólica (em W),  $VO_2$  é o consumo de oxigênio em  $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$  e RER é a razão de troca respiratória. A eficiência mecânica grossa (EF) foi estimada utilizando a seguinte equação:

$$EF = PP_{aq} / P_{met} \quad (3)$$

onde, EF é a eficiência mecânica grossa,  $PP_{aq}$  é a potência do aquecimento e  $P_{met}$  é a potência metabólica mensurada com o  $VO_2$  e a RER do aquecimento (equação 2).

A  $PP_{aer}$  durante o TCR foi calculada pela equação:

$$PP_{aer} = P_{met} \cdot EF \quad (4)$$

onde,  $PP_{aer}$  é a potência aeróbia,  $P_{met}$  é a potência metabólica estimada com o  $VO_2$  medido no TCR e EF é a eficiência mecânica grossa. A RER foi considerada igual a 1 para os cálculos da  $P_{met}$  nos TCR. A  $PP_{an}$  foi calculada a partir da seguinte equação:

$$PP_{an} = PP - PP_{aer} \quad (5)$$

onde,  $PP_{an}$  é a potência anaeróbia,  $PP$  é a potência do trecho em evidência e  $PP_{aer}$  é a potência aeróbia.

*Parágrafo número 18.* Para reduzir a interferência dos ruídos contidos no sinal eletromiográfico bruto total foi utilizado um filtro *Butterworth* de 2ª ordem (*Butterworth filter*) com frequência de corte de 20-500 Hz (6). A média do sinal integrado de EMG (iEMG) de 5 contrações em cada trecho de 200m foi quantificada e normalizada pelos valores encontrados durante a CVM.

### **Tratamento Estatístico**

*Parágrafo número 19.* A normalidade dos dados foi verificada com o teste de Shapiro-Wilk. As médias do tempo pra completar a prova,  $PP$ ,  $PP_{aer}$ ,  $PP_{an}$  e iEMG foram comparados entre as condições utilizando ANOVA de medidas repetidas com correção de Bonferroni. Os efeitos da condição e da distância sobre as variáveis dependentes ( $PP$ ,  $PP_{aer}$ ,  $P_{an}$ , e iEMG) foram verificados por uma análise linear de modelos mistos com correção de Bonferroni. Os efeitos da condição e do tempo sobre as concentrações de [La] foram verificados por uma análise linear de modelos mistos com correção de Bonferroni. O tamanho do efeito da manipulação (diferença padronizada) e os intervalos de confiança de 95 % (IC 95 %) foram utilizados, quando apropriados, para quantificar o efeito da manipulação (2). Os limites de 0,20, 0,50 e 0,80 foram utilizados para classificar o tamanho do efeito (*effect size = ES*) como sendo pequenos, moderados e grandes, respectivamente (14) Para todos os tratamentos foi adotado um nível de significância inferior a 5% ( $P < 0,05$ ).

## RESULTADOS

### *Média de tempo total, PP, iEMG, PP<sub>aer</sub> e PP<sub>an</sub>*

*Parágrafo número 20.* O tempo total dos TCR e a PP total média nas diferentes situações experimentais estão dispostos na tabela 1. O tempo total médio para completar o TCR foi significativamente menor em CONT quando comparado a DEP-FIB I ( $ES = 0,345$ ;  $IC95\% : 0,183 - 0,506$ ;  $P = 0,001$ ) e DEP-FIB II ( $ES = 0,349$ ;  $IC95\% : 0,120 - 0,578$ ;  $P = 0,003$ ). Não houve diferença entre as situações de DEP-FIB I e DEP-FIB II ( $P > 0,05$ ). A PP média em CONT foi significativamente maior do que em DEP-FIB I ( $ES = 0,293$ ;  $IC95\% : 0,143 - 0,442$ ;  $P = 0,001$ ), no entanto, a PP em CONT não foi significativamente diferente ( $P = 0,137$ ) de DEP-FIB II, apesar de um  $ES$  significativo ( $ES = 0,341$ ;  $IC95\% : 0,044 - 0,639$ ;  $P = 0,025$ ). A média de PP durante o TCR foi similar entre DEP-FIB I e DEP-FIB II ( $P > 0,05$ ). A média de iEMG não foi diferente entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ). Quando comparada a DEP-FIB I, a PP<sub>aer</sub> em CONT foi significativamente maior ( $P < 0,05$ ), porém, para a PP<sub>an</sub> não houve diferença entre as condições ( $P > 0,05$ ).

Tabela 1. Valores (média  $\pm$  EPM) para tempo total, produção de potência, média de iEMG, potência aeróbia e potência anaeróbia durante o teste contra-relógio de 4.000m nas situações controle, depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo I e depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo II.

	CONT	DEP-FIB I	DEP-FIB II
Tempo Total (s)	387,5 $\pm$ 18,7	398,6 $\pm$ 24,3*	394,8 $\pm$ 19,4*
PP (W)	218,4 $\pm$ 29,6	204,9 $\pm$ 36,4*	207,5 $\pm$ 28,7

iEMG (%)	33,9 ± 3,5	35,7 ± 4,7	36,0 ± 6,3
PP <sub>aer</sub> (W)	163,8 ± 6,0	155,1 ± 7,0*	157,5 ± 5,9
PP <sub>an</sub> (W)	54,6 ± 6,6	52,7 ± 6,2	50,0 ± 5,8

PP: produção de potência; iEMG: média de atividade eletromiográfica; PP<sub>aer</sub>: potência aeróbia; PP<sub>an</sub>: potência anaeróbia; CONT: controle; DEP-FIB I: depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo I; DEP-FIB II: depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo II. \* Significativamente diferente de CONT (P < 0,05).

### ***Estratégia de prova***

*Parágrafo número 21.* Quando a prova foi analisada em segmentos de 200 m, ocorreu um efeito principal significativo para condição (P < 0,01) e distância percorrida (P < 0,001), mas não houve efeito da interação (P > 0,05). Em CONT, a PP em 200, 400, 600, 2.200, 2.600, 2.800 e 3.000 m foi significativamente mais alta em relação à DEP-FIB I (P < 0,05). Tal variável também tendeu a ser maior em CONT no ponto 2.400 m, mas essa diferença não foi significativa (P = 0,07). Quando as situações CONT *versus* (vs.). DEP-FIB II foram comparadas, a PP não foi diferente entre as condições em nenhum trecho (P > 0,05). Não foram encontradas diferenças entre DEP-FIB I vs. DEP-FIB II em nenhum segmento do TCR (P > 0,05; figura 2).

*Parágrafo número 22.* Na situação CONT, a intensidade imposta nos 400 m iniciais e em 4.000 m foi significativamente mais alta (P < 0,05) do que os demais trechos da prova, exceto para 600 m, no qual não foi diferente de nenhum dos trechos citados anteriormente (P > 0,05). Em DEP-FIB I, apesar de um discreto aumento na

PP no início do TCR, tal variável se manteve relativamente estável até 3.800 m ( $P > 0,05$ ), quando ocorreu um abrupto e significativo aumento nos últimos 200 m em relação aos demais segmentos da prova ( $P < 0,05$ ). Um comportamento similar foi observado em DEP-FIB II, todavia, a PP foi significativamente reduzida de 1.200 até 3.400 m em relação a 4.000 m ( $P < 0,05$ ; figura 2).

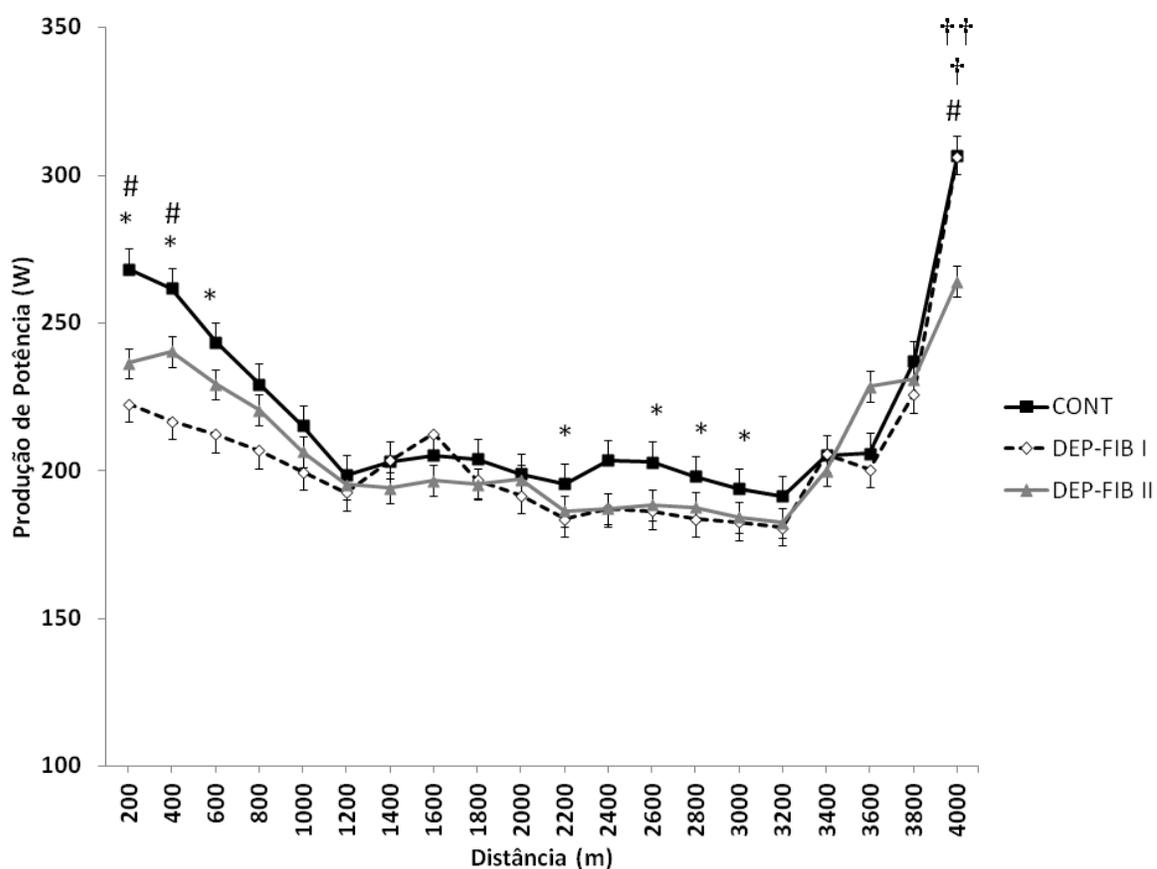


Figura 2. Média de produção de potência a cada 200 m durante o teste contra-relógio de 4.000m nas situações controle (CONT), depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo I (DEP-FIB I) e depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo II (DEP-FIB II). \* CON significativamente maior do que DEP-FIB I ( $P < 0,05$ ); # Significativamente maior do que de 800 até 3.800 m, exceto para 600

m em CON ( $P < 0,05$ ); † Significativamente maior do que os demais segmentos em DEP-FIB I ( $P < 0,05$ ); †† Significativamente maior do que de 1.200 até 3.400 m em DEP-FIB II ( $P < 0,05$ ).

*Parágrafo número 23.* Quando os valores foram expressos a cada 1000m, a PP aplicada durante os primeiros 1.000 m em CONT foi mais alta do que em DEP-FIB I ( $P < 0,05$ ). Ainda no mesmo trecho, a PP foi similar entre DEP-FIB II vs. CONT e DEP-FIB I ( $P > 0,05$ ). Em 3.000 m, a PP foi significativamente maior em CONT quando comparada a DEP-FIB I e DEP-FIB II ( $P < 0,05$ ), porém, não houve diferença entre as duas situações de depleção de GM ( $P > 0,05$ ). A PP em 2.000 e 4.000 m não foi diferente entre os três tratamentos ( $P > 0,05$ ; tabela 2).

### **Potência aeróbia e anaeróbia**

*Parágrafo número 24.* Os resultados referentes à  $PP_{aer}$  e  $PP_{an}$  a cada 200 m são mostrados nas figuras 3A e 3B, respectivamente. Para a  $PP_{aer}$ , foram encontrados efeitos principais significativos da condição ( $P < 0,001$ ) e da distância ( $P < 0,001$ ), no entanto, não ocorreu um efeito da interação ( $P > 0,05$ ). A  $PP_{aer}$  em 800 m foi significativamente maior em CONT do que em ambas as situações de depleção de GM ( $P < 0,05$ ). Quando comparada a DEP-FIB I, a  $PP_{aer}$  em CONT também foi maior nos segmentos 1.000 e 3.200 m ( $P < 0,05$ ). Nenhuma diferença foi encontrada entre as três condições experimentais nos demais segmentos ( $P > 0,05$ ). Em todos os tratamentos, a  $PP_{aer}$  mostrou um comportamento similar ao longo do TCR, com os primeiros 600 m apresentando as menores médias, quando comparados aos trechos restantes da prova ( $P < 0,05$ ).

*Parágrafo número 25.* Com relação à  $PP_{an}$ , não ocorreu um efeito principal da condição ( $P > 0,05$ ) e nem de interação ( $P > 0,05$ ), porém, foi encontrado um efeito principal para a distância ( $P < 0,05$ ), onde a  $PP_{an}$  no início (200 e 400 m) da prova se mostrou mais alta do que durante os demais trechos da mesma ( $P < 0,05$ ) em todas as condições. Uma resposta similar ao início da prova ocorreu no segmento 4.000 m, no entanto, apenas para CONT e DEP-FIB I ( $P < 0,05$ ). Já para DEP-FIB II, tal comportamento não ocorreu ( $P > 0,05$ ). Não houve efeito da interação ( $P > 0,05$ ).

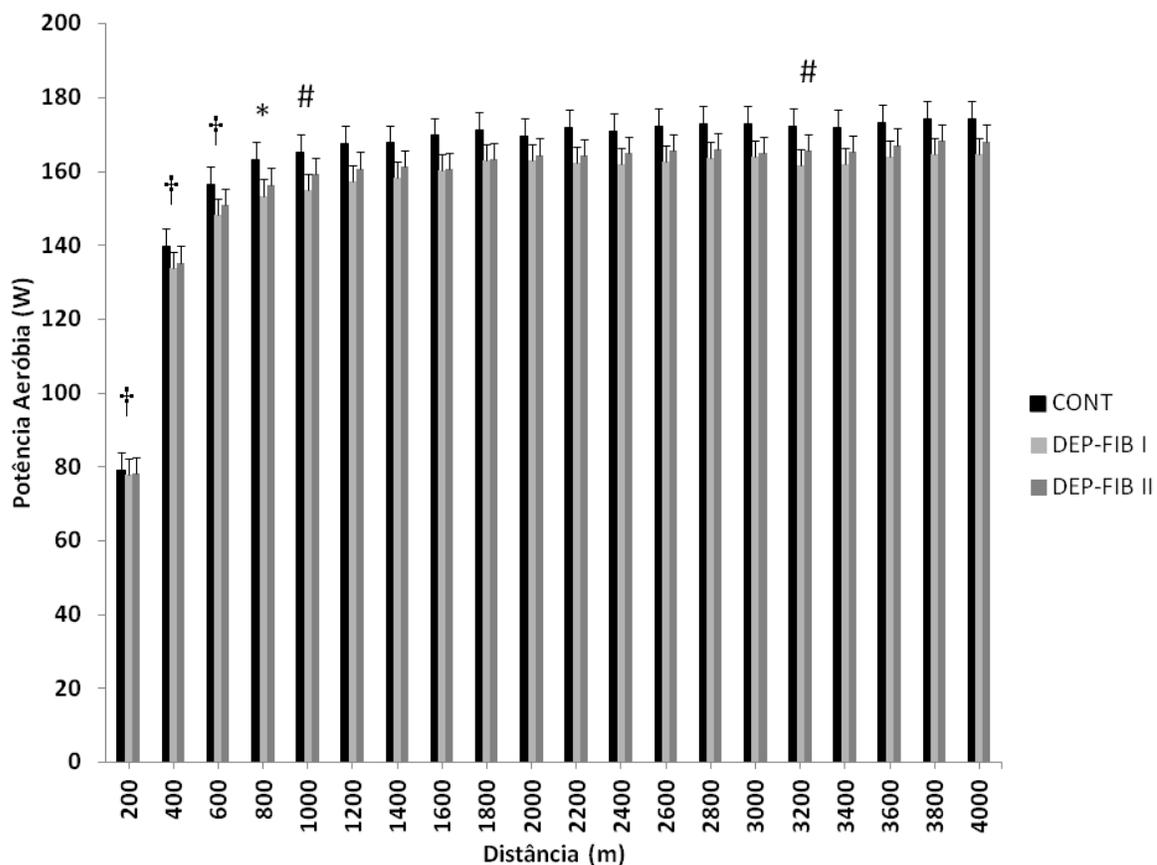


Figura 3A. Média de potência aeróbia a cada 200 m durante o teste contra-relógio de 4.000m nas situações controle (CONT), depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo I (DEP-FIB I) e depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras

do tipo II (DEP-FIB II). \* CONT significativamente maior do que DEP-FIB I e DEP-FIB II ( $P < 0,05$ ); # CONT significativamente maior do que DEP-FIB I ( $P < 0,05$ ); † 200, 400 e 600 m significativamente menor do que os trechos restantes da prova nos três tratamentos ( $P < 0,05$ ).

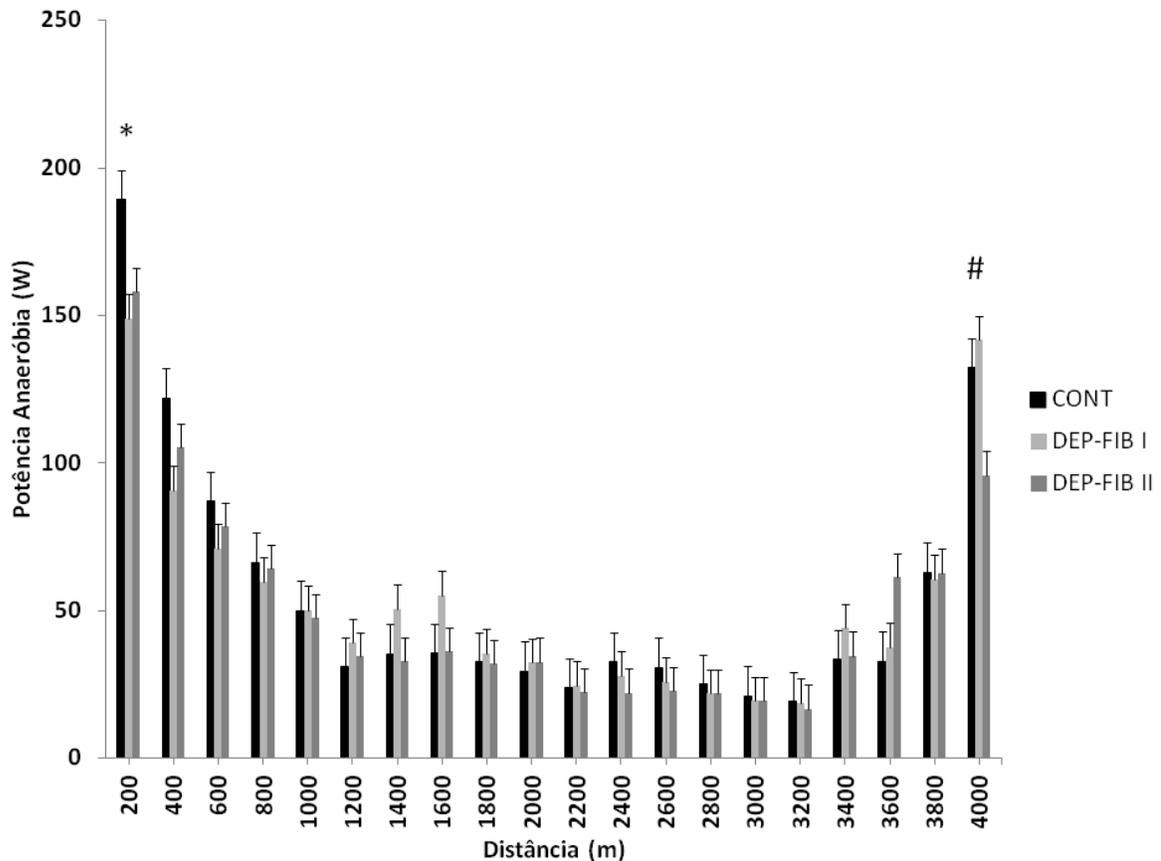


Figura 3B. Média de potência anaeróbia a cada 200 m durante o teste contra-relógio de 4.000m nas situações controle (CONT), depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo I (DEP-FIB I) e depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo II (DEP-FIB II). \* 200 m significativamente maior, do que os demais trechos, exceto para 4.000 m, em todas as situações experimentais ( $P < 0,05$ ); # 4.000 m significativamente maior do que os demais trechos, exceto para 200, 400 e 600 m em CONT e DEP-FIB I ( $P < 0,05$ ).

*Parágrafo número 26.* Em CONT, a  $PP_{aer}$  foi significativamente maior do que em DEP-FIB I nos primeiros 1.000 m ( $P < 0,05$ ) e houve uma tendência a ser maior em 4.000 m ( $P = 0,06$ ). Para a  $PP_{an}$ , não foram encontradas diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre os três tratamentos em nenhum segmento da prova (tabela 2).

### ***iEMG***

*Parágrafo número 27.* Quando o TCR foi separado em trechos de 200 m, não foi encontrado um efeito principal da condição, distância e nem interação ( $P > 0,05$ ) (figura 4). Da mesma forma, não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para a iEMG em nenhum segmento da prova quando as três situações experimentais foram comparadas a cada 1.000 m (tabela 2).

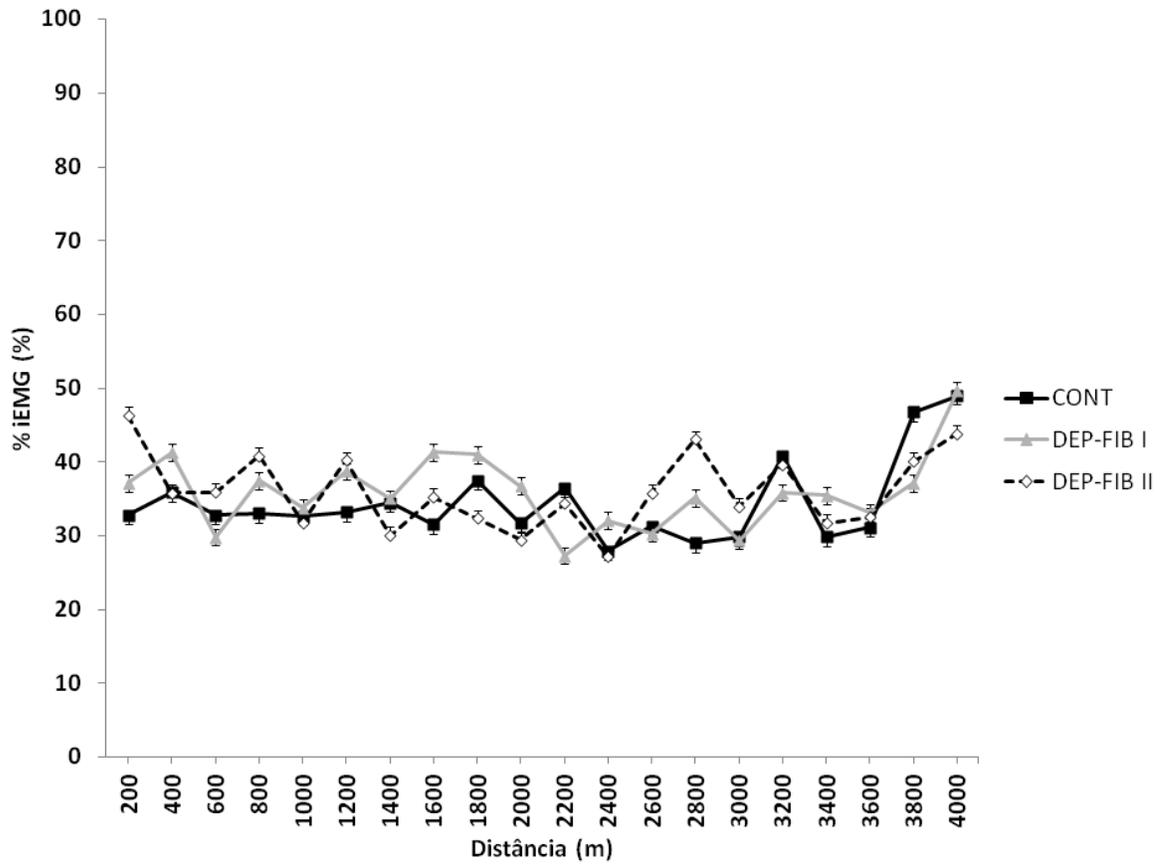


Figura 4. Média de atividade eletromiográfica integrada a cada 200 m expressa em % da CVM durante o teste contra-relógio de 4.000m nas situações controle (CONT), depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo I (DEP-FIB I) e depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo II (DEP-FIB II).

Tabela 2. Valores (média  $\pm$  EPM) produção de potência, média de iEMG, potência aeróbia e potência anaeróbia durante o teste contra-relógio de 4.000m nas situações controle, depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo I e depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo II.

---

**Distância**

---

	1.000 m	2.000 m	3.000 m	4.000 m
<b>PP (W)</b>				
CONT	243,6 ± 16,8	201,9 ± 8,8	198,8 ± 8,3	229,3 ± 14,7
DEP-FIB I	211,6 ± 17,3*	199,4 ± 14,1	184,7 ± 8,7*	223,8 ± 14
DEP-FIB II	228,5 ± 16,7	195,6 ± 8,1	186,8 ± 7,1*	221,2 ± 14,9
<b>iEMG (%)</b>				
CONT	33,4 ± 4,6	33,6 ± 3,5	30,9 ± 3,2	38,4 ± 3,7
DEP-FIB I	35,9 ± 4,3	38,0 ± 4,3	30,8 ± 4,8	38,2 ± 5,9
DEP-FIB II	38,1 ± 7,8	33,4 ± 5,6	34,8 ± 5,8	37,5 ± 6,3
<b>PP<sub>aer</sub> (W)</b>				
CONT	140,7 ± 4,4	169,2 ± 6,1	172,2 ± 7,2	173,1 ± 6,8
DEP-FIB I	133,6 ± 5,7*	160,4 ± 7,8	163 ± 8	163,4 ± 7
DEP-FIB II	135,9 ± 5	162 ± 5,9	165,1 ± 6,5	166,9 ± 6,5
<b>PP<sub>an</sub> (W)</b>				
CONT	102,8 ± 15	32,7 ± 5,5	26,6 ± 4	56,3 ± 13,8
DEP-FIB I	84,1 ± 13,6	42,5 ± 8	23,9 ± 2,8	60,5 ± 13
DEP-FIB II	90,6 ± 13,8	33,6 ± 4,9	21,6 ± 3	54,2 ± 12,7

PP: produção de potência; iEMG: média de atividade eletromiográfica; PP<sub>aer</sub>: potência aeróbia; PP<sub>an</sub>: potência anaeróbia; CONT: controle; DEP-FIB I: depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo I; DEP-FIB II: depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo II. \* Significativamente diferente de CONT (P < 0,05).

### ***Lactato plasmático***

*Parágrafo número 28.* Para as concentrações de [La], foram encontrados efeitos principais significativos da condição ( $P < 0,01$ ) e do tempo ( $P < 0,001$ ), mas não houve interação entre as variáveis ( $P > 0,05$ ). A concentração final de [La] na condição CON foi significativamente mais alta do que em DEP-FIB II ( $P < 0,05$ ), mas não foi diferente de DEP-FIB I ( $P = 0,33$ ). O [La] final foi similar entre ambas as situações de depleção de GM ( $P > 0,05$ ). As concentrações de [La] ao final dos TCR, nas três situações, foram maiores do que o repouso e pré TCR ( $P < 0,001$ ; tabela 3).

Tabela 3. Valores para lactato plasmático no repouso, antes (pré TCR) e ao final (final TCR) do teste contra-relógio de 4.000m nas situações controle, depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo I e depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo II.

	<b>CONT</b>	<b>DEP-FIB I</b>	<b>DEP-FIB II</b>
Repouso (mmol/L)	1,42 ± 0,3	0,97 ± 0,4	0,97 ± 0,4
Pré TCR (mmol/L)	1,46 ± 0,6	0,99 ± 0,3	1,14 ± 0,4
Final TCR (mmol/L)	11,40 ± 1,9#	9,55 ± 2,7#	8,86 ± 1,2*#

TCR: teste contra-relógio. CONT: controle; DEP-FIB I: depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo I; DEP-FIB II: depleção seletiva de glicogênio muscular das fibras do tipo II. \* Significativamente diferente de CONT ( $P < 0,05$ ); # Significativamente diferente do repouso e pré TCR ( $P < 0,05$ ).

## **DISCUSSÃO**

*Parágrafo número 29.* Os resultados do presente estudo indicaram que o protocolo de depleção de GM tanto das fibras do tipo I, quanto das fibras do tipo II, prejudicaram significativamente o desempenho do TCR de 4.000 m quando comparado a CONT, porém, com um efeito mais pronunciado na situação DEP-FIB I. Além disso, a PP no trecho inicial e médio da prova foi reduzida em ambas as situações de depleção de GM quando comparada a CONT, no entanto, no primeiro 1/4 da prova, tal redução na PP foi significativa apenas em DEP-FIB I. Na parte final da prova, apesar de um aumento significativo na PP em todos os tratamentos, tais incrementos não foram diferentes entre as condições. A iEMG não foi diferente entre as condições em nenhum momento. A  $PP_{aer}$  no início da prova foi significativamente menor em DEP-FIB I, quando comparada a CONT, mas não foram encontradas diferenças para a  $PP_{an}$  entre os tratamentos em nenhum ponto da prova.

*Parágrafo número 30.* Quando comparado a ambas as situações de depleção de GM, a condição CONT resultou em um menor tempo para completar o TCR. A PP em CONT também foi aproximadamente 6 % maior em relação à DEP-FIB I. Por outro lado, a PP na situação CONT tendeu a ser maior do que em DEP-FIB II (~ 5 %), mas tal aumento não foi significativo. Adicionalmente, o *ES* das manipulações para as variáveis tempo (0,345 e 0,349) e PP (0,293 e 0,341) em CONT vs. DEP-FIB I e CONT vs. DEP-FIB II, respectivamente, foram pequenos, mas significativos ( $P < 0,05$ ), indicando que a magnitude do efeito das duas manipulações foi significativa. Além disso, a iEMG média não foi diferente entre os tratamentos, apesar de uma redução significativa na PP média em DEP-FIB I. Os nossos resultados são similares aos achados de Hettinga et al. (29), que observaram uma constante ou aumentada iEMG após uma redução na PP, sugerindo a instauração

de uma possível fadiga periférica, possivelmente, devido a uma variedade de efeitos celulares (54) e a própria depleção de GM (15).

*Parágrafo número 31.* A  $PP_{aer}$  média em DEP-FIB I foi significativamente menor do que em CONT. Embora o conteúdo de GM não tenha sido mensurado no presente estudo, pode ser sugerido que devido a maior capacidade oxidativa das fibras do tipo I (12,25,28), a contribuição energética aeróbica é prejudicada quando o GM destas fibras é depletado. Adicionalmente, tais achados também podem ser atribuídos a uma maior predominância das fibras do tipo I nos músculos de atletas de resistência (25), o que talvez explique o maior efeito decorrente da depleção desse tipo de fibra. Em contrapartida, a  $PP_{an}$  média total não foi diferente entre as condições. Esses resultados correspondem com os achados de estudos prévios (16,30). Hettinga et al. (30) controlaram o início de uma prova de 1.500 m e constataram que a contribuição anaeróbia total não foi alterada entre as situações experimentais. Do mesmo modo, Corbett et al. (16) não encontraram diferenças significativas na contribuição anaeróbia total quando os efeitos da tarefa de familiarização sobre o padrão de gasto energético durante três TCR sucessivos foram investigados. Os nossos resultados e os achados desses outros estudos (16,30) suportam a noção de que a contribuição energética anaeróbia é fixa e limitada (19,39).

*Parágrafo número 32.* Na situação CONT, os participantes naturalmente adotaram uma saída rápida, seguida por um declínio na potência e uma consequente estabilização até aproximadamente 95 % da prova (3.800 m), quando novamente houve um aumento na PP no trecho final da prova. Em CONT, a curva PP vs. distância percorrida revelou uma estratégia parabólica em formato de “U”,

corroborando os resultados de estudos prévios (1,3,4,34). Já nas situações DEP-FIB I e DEP-FIB II, os sujeitos optaram por uma saída mais conservadora, que se manteve relativamente estável até próximo ao final do TCR, quando a PP foi aumentada. A potência plotada em função da distância percorrida das situações DEP-FIB I e DEP-FIB II revelam uma estratégia negativa ou “*slow-start*” (1,5,38,50), demonstrando um prejuízo no início da prova.

*Parágrafo número 33.* A redução na PP de saída não foi acompanhada por nenhuma mudança na iEMG durante tal trecho. Esses resultados sugerem uma possível fadiga periférica em DEP-FIB I, caracterizada por uma diminuição na PP, mesmo com uma inalterada atividade elétrica periférica (29,31,47,48). Isso é suportado pelo fato da  $PP_{aer}$  acumulada nos primeiros 1.000 m do TCR também ter sido significativamente menor em DEP-FIB I do que em CONT ( $136,6 \pm 5,7$  vs.  $140,7 \pm 4,4$  W, respectivamente;  $P < 0,05$ ), sugerindo que a depleção de GM nesse tipo de fibra parece afetar principalmente mecanismos intramusculares relacionados ao metabolismo aeróbio, provavelmente devido à maior capacidade oxidativa dessas fibras (12,25,28). A contribuição do sistema anaeróbico ( $PP_{an}$ ) não foi diferente entre as condições nesse momento da prova, suportando a idéia que tal variável parece não ter sido o fator determinante da estratégia.

*Parágrafo número 34.* Com relação à DEP-FIB II, apesar da visual redução na PP no início do TCR em comparação a CONT, essa redução não foi significativa. Esses resultados não correspondem com a nossa primeira hipótese de que haveria uma redução na potência no início da prova após a depleção seletiva de GM das fibras do tipo II. Porém, vale salientar que, os sujeitos realizaram os primeiros 400 m

nessa situação em uma intensidade média próxima (~ 94 %) da  $PP_{max}$  alcançada no teste incremental. Tal observação é relevante uma vez que em um estudo clássico realizado por Gollnick et al. (27) foi demonstrado que o exercício realizado em uma intensidade a aproximadamente 90% da  $PP_{max}$  depleta primeiramente o GM das fibras do tipo I, com as fibras do tipo II sendo exigidas quando o exercício progride. Sendo assim, pode ser sugerido que no início de um TCR de 4000 m, a intensidade de exercício no início da prova é suportado primariamente pelas fibras do tipo I. Da mesma forma, a estratégia de prova, nessa condição, parece não ter sofrido nenhuma influência do fornecimento de energia, visto que a  $PP_{aer}$  e  $PP_{an}$  não foram diferentes entre as situações em nenhum segmento.

*Parágrafo número 35.* No trecho médio da prova, mais precisamente no terceiro 1/4, a PP foi afetada negativamente em ambos DEP-FIB I e DEP-FIB II. Em DEP-FIB I, a PP foi significativamente menor do que em CONT em praticamente todos os segmentos, com exceção do trecho 2.400 m ( $P = 0,07$ ). Esses resultados são interessantes, pois confirmam a segunda hipótese do nosso estudo de que a depleção seletiva das fibras do tipo I reduziria a PP no ponto médio da prova. A iEMG não foi alterada em DEP-FIB I, mesmo quando a PP diminuiu, o que sugere uma possível fadiga periférica dos músculos ativos, decorrente da diminuída disponibilidade de GM (15) e de um progressivo acúmulo de metabólitos (21,29,54), apesar deste último não ter sido mensurado nessa parte da prova. Já para DEP-FIB II, quando comparada a CONT, a PP entre 200m e 3000m apresentou pequenas reduções não significativas a cada 200m (figura 2), mas que quando somadas, resultou em uma redução significativa no trecho 2000-3000m (tabela 2). Assim como em DEP-FIB I, a iEMG em DEP-FIB II também não foi alterada, embora a PP

nesse trecho da prova tenha sido significativamente reduzida. Tais respostas parecem, também, estar ligadas a uma instauração progressiva da fadiga periférica nos músculos em exercício. Além disso, ambas  $PP_{aer}$  e  $PP_{an}$  não foram diferentes entre os tratamentos. Pode-se notar que apesar de terem sido encontradas diferenças significativas na PP média desse trecho entre as condições, quando tal variável se divide em  $PP_{aer}$  e  $PP_{an}$  as pequenas diferenças observadas tanto na  $PP_{aer}$  quanto na  $PP_{an}$  entre os tratamentos não são significativas, sugerindo que a redução na PP nesse ponto da prova pode ser em decorrência de pequenas reduções em ambos os sistemas energéticos como consequência da manipulação de GM.

*Parágrafo número 36.* Nos últimos 200 m da prova houve um aumento significativo na PP, com exceção de DEP-FIB II onde esse aumento não foi significativo (figuras 2). As PP aplicadas em CONT e DEP-FIB I foram rigorosamente similares ( $306,5 \pm 37,7$  vs.  $306,4 \pm 39,2$  W, respectivamente;  $P > 0,05$ ) e não houve diferenças significativas nas concentrações finais de [La]. Por outro lado, a PP foi reduzida em torno de 14 % em DEP-FIB II, quando comparada a CONT e DEP-FIB I, mas essa diferença não foi significativa (DEP-FIB II:  $264 \pm 29,4$  vs. CONT:  $306,5 \pm 37,7$ ;  $P = 0,321$ ). Já os níveis de [La] ao final do TCR foram significativamente menores em DEP-FIB II, quando comparado a CONT ( $8,86 \pm 0,3$  vs.  $11,4 \pm 0,6$  mmol/L, respectivamente;  $P < 0,05$ ), podendo ser um reflexo de uma baixa, mas não significativa PP em DEP-FIB II no trecho final da prova. Devido à alta intensidade imposta nesse ponto da prova, é provável que ocorra um maior recrutamento das fibras do tipo II, uma vez que esta é predominantemente requerida nesse tipo de tarefa (13,26,27,49,53). Sendo assim, essas diferentes respostas de [La]

apresentadas ao final do TCR e a não realização da aceleração ao final, podem ser atribuídas a uma menor contribuição das fibras do tipo II em DEP-FIB II no sprint final, visto que esse tipo de fibra tem uma alta capacidade glicolítica (12,25,28).

*Parágrafo número 37.* Adicionalmente, a iEMG não aumentou no últimos 200 m da prova em nenhuma das condições ( $P > 0,05$ ). Esses resultados não podem ser corroborados com os achados de estudos prévios que revelaram que uma aceleração final é acompanhada por um aumento na iEMG (6,41,42,48), sugerindo, desta forma, que o aumento na PP em CONT e DEP-FIB I ocorreu em decorrência de um maior fornecimento de energia das fibras do tipo II nessa parte da prova, como já demonstrado anteriormente. Em contrapartida, a  $PP_{an}$  aumentou significativamente em 4.000 m em CONT e DEP-FIB I ( $P < 0,05$ ), correspondendo com os achados de estudos prévios que também mostraram um aumento paralelo entre a PP e a contribuição anaeróbia ao final de um evento (16,22,23,29). No entanto, a  $PP_{an}$  em DEP-FIB II não aumentou nesse trecho ( $P > 0,05$ ). A partir dos nossos achados, pode se sugerir que essas diferentes respostas na  $PP_{an}$ , assim como ocorreu para o [La], confirmam a possibilidade de uma maior influência das fibras do tipo II nesse momento da prova.

*Parágrafo número 38.* Apesar do fato do conteúdo de GM não ter sido mensurado no presente estudo, a efetividade do protocolo de depleção seletiva das fibras do tipo I e II está bem documentada na literatura como verificado pela técnica de biópsia muscular (13,27,49). Os primeiros a realizarem um protocolo de exercícios desse tipo foram Gollnick et al. (27) e Thomson et al. (49). Anos mais tarde, Carter et al. (13) empregaram esses dois protocolos de depleção de GM em sua

investigação e mostraram que, após o mesmo protocolo de depleção aplicado por Gollnick et al. (27) para fibras do tipo I, ocorreu uma depleção de GM dessas fibras de aproximadamente 94 %, ao passo que, no outro protocolo de depleção das fibras do tipo sugerido por Thomson et al. (49), foi demonstrado uma depleção de aproximadamente 99 % desse tipo de fibra. Juntos, os resultados desses estudos oferecem evidências suficientes para a aplicabilidade desses protocolos em pesquisas nas quais são objetivados a investigação de um determinado tipo de efeito após a depleção seletiva de GM de algum tipo de fibra.

## CONCLUSÃO

*Parágrafo número 39.* Os resultados encontrados no presente estudo sugerem que, de modo geral, o desempenho é prejudicado após a depleção de GM, independente de qual tipo de fibra esteja depletada. Em DEP-FIB I, esses resultados podem ser atribuídos a uma reduzida contribuição do metabolismo oxidativo no início da prova e a uma instauração prévia da fadiga periférica, verificada por uma diminuição na PP e inalterada iEMG, que se estende até o final da prova. Já em DEP-FIB II, a queda no rendimento reforça a noção de uma instauração da fadiga periférica, mas que esta foi mais pronunciada no terceiro 1/4 e final da prova, por um declínio significativo na PP acompanhada por uma inalterada iEMG. O *sprint* final ocorreu em CONT e DEP-FIB I, mas tal evento não foi visto em DEP-FIB II. Isso foi acompanhado por diferentes respostas de [La] e da contribuição anaeróbia, suportando a noção de que nessa fase da prova há uma maior contribuição das fibras do tipo II.

## REFERÊNCIAS

1. Abbiss CR, Laursen PB. Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. *Sports Med.* 2008; 38: 239-52.
2. Aisbett B, Le Rossignol P, Mcconell GK, Abbiss CR, Snow R. Effects of starting strategy on 5-min cycling time-trial performance. *J Sports Sci.* 2009; 27: 1201-9.
3. Amann M, Eldridge MW, Lovering AT, Stickland MK, Pegelow DF, Dempsey JA. Arterial oxygenation influences central motor output and exercise performance via effects on peripheral locomotor muscle fatigue in humans. *J Physiol.* 2006; 575(Pt 3): 937-52.
4. Amann M, Dempsey JA. Locomotor muscle fatigue modifies central motor drive in healthy humans and imposes a limitation to exercise performance. *J Physiol.* 2008; 586(1): 161-73.
5. Albertus Y, Tucker R, St Clair Gibson A, Lambert EV, Hampson DB, Noakes TD. Effect of distance feedback on pacing strategy and perceived exertion during cycling. *Med Sci Sports Exerc.* 2005; 37(3): 461-8.
6. Ansley L, Schabort E, St Clair Gibson A, Lambert MI, Noakes TD. Regulation of pacing strategies during successive 4-km time trials. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36(10): 1819-25.
7. Atkinson G, Peacock O, St Clair Gibson A, Tucker R. Distribution of power output during cycling: impact and mechanisms. *Sports Med.* 2007; 37(8): 647-67.
8. Baldwin J, Snow RJ, Gibala MJ, Garnham A, Howarth K, Febbraio MA. Glycogen availability does not affect the TCA cycle or TAN pools during prolonged, fatiguing exercise. *J Appl Physiol.* 2003; 94: 2181-7.

9. Barstow TJ, Jones AM, Nguyen PH, Casaburi R. Influence of muscle fiber type and pedal frequency on oxygen uptake kinetics of heavy exercise. *J Appl Physiol*. 1996; 81: 1642-50.
10. Bergström J, Hermansen L, Hultman E, Saltin B. Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiol Scand*. 1967; 71: 140-50.
11. Burke RE, Levine DN, Tsairis P, Zajac FE. Physiological types and histochemical profiles in motor units of the cat gastrocnemius. *J Physiol*. 1973; 234(3): 723-48.
12. Carter H, Jones AM, Barstow TJ, Burnley M, Williams CA, Doust JH. Oxygen uptake kinetics in treadmill running and cycle ergometry: a comparison. *J Appl Physiol*. 2000; 89(3): 899-907.
13. Carter H, Pringle JS, Boobis L, Jones AM, Doust JH. Muscle glycogen depletion alters oxygen uptake kinetics during heavy exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2004; 36(6) 965-72.
14. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd edn.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1973.
15. Conlee RK. Muscle glycogen and exercise endurance: a twenty-year perspective. *Exerc Sport Sci Rev*. 1987; 15: 1-28.
16. Corbett J, Barwood MJ, Parkhouse K. Effect of task familiarisation on distribution of energy during a 2000 m cycling time trial. *Br J Sports Med*. 2009; 43(10): 770-4.
17. Coyle EF. Carbohydrate supplementation during Exercise. *J. Nutr*. 1992; 122: 788-95.
18. Coyle EF. Substrate utilization during exercise in active people<sup>13</sup>. *Am J Clin Nutr*. 1995; 61: 968-79.

19. de Koning JJ, Bobbert MF, Foster C. Determination of optimal pacing strategy in track cycling with an energy flow model. *J Sci Med Sport*. 1999; 2(3): 266-77.
20. Evans WJ, Hughes VA. Dietary carbohydrates and endurance exercise. *Am J Clin Nut*. 1985; 41: 1146-54.
21. Fitts RH. Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiol Rev*. 1994; 74(1): 49-94.
22. Foster C, De Koning JJ, Hettinga F, Lampen J, La Clair KL, Dodge C, Bobbert M, Porcari JP. Pattern of energy expenditure during simulated competition. *Med Sci Sports Exerc*. 2003; 35(5): 826-31.
23. Foster C, deKoning JJ, Hettinga F, Lampen J, Dodge C, Bobbert M, Porcari JP. Effect of competitive distance on energy expenditure during simulated competition. *Int J Sports Med*. 2004; 25(3): 198-204.
24. Gaesser GA, Poole DC. The Slow Component of Oxygen Uptake Kinetics in Humans. *Exer Sport Sci Rev*. 1996; 24: 35-71.
25. Gollnick PD, Armstrong RB, Saubert CW, Piehl K, Saltin B. Enzyme activity and fiber composition in skeletal muscle of untrained and trained men. *J Appl Physiol*. 1972; 33(3): 312-9.
26. Gollnick PD, Armstrong RB, Sembrowich WL, Shepherd RE, Saltin B. Glycogen depletion pattern in human skeletal muscle fibers after heavy exercise. *J Appl Physiol*. 1973; 34: 615-8.
27. Gollnick PD, Piehl K, Saltin B. Selective glycogen depletion pattern in human muscle fibres after exercise of varying intensity and at varying pedalling rates. *J Physiol*. 1974; 241: 45-57.
28. Gregory CM, Vandenborne K, Dudley GA. Metabolic enzymes and phenotypic expression among human locomotor muscles. *Muscle Nerve*. 2001; 24(3): 387-93.

29. Hettinga FJ, De Koning JJ, Broersen FT, Van Geffen P, Foster C. Pacing strategy and the occurrence of fatigue in 4000-m cycling time trials. *Med Sci Sports Exerc.* 2006; 38: 1484-91.
30. Hettinga FJ, De Koning JJ, Meijer E, Teunissen L, Foster C. Effect of pacing strategy on energy expenditure during a 1500-m cycling time trial. *Med Sci Sports Exerc.* 2007; 39(12): 2212-8.
31. Hunter AM, St Clair Gibson A, Lambert MI, Nobbs L, Noakes TD. Effects of supramaximal exercise on the electromyographic signal. *Br J Sports Med.* 2003; 37(4): 296-9.
32. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nut.* 1978; 40(3): 497-504.
33. Johnson NA, Stannard SR, Chapman PG, Thompson MW. Effect of altered pre-exercise carbohydrate availability on selection and perception of effort during prolonged cycling. *Eur J Appl Physiol.* 2006; 98: 62-70.
34. Joseph, T., Johnson, B., Battista RA, et al. Perception of fatigue during simulated competition. *Med Sci Sports Exerc.* 2008; 40: 381-6.
35. Lima-Silva AE, De-Oliveira FR, Nakamura FY, Gevaerd MS. Effect of carbohydrate availability on time to exhaustion in exercise performed at two different intensities. *Braz J Med Biol Res.* 2009; 42(5): 404-12.
36. Lima-Silva AE, Pires FO, Bertuzzi RC, Lira FS, Casarini D, Kiss MA. Low carbohydrate diet affects the oxygen uptake on-kinetics and rating of perceived exertion in high intensity exercise. *Psychophysiology* (New York. Print) in press. 2010a.

37. Lima-Silva AE, Bertuzzi RC, Pires FO, Fronchetti L, Gevaerd MS, De-Oliveira FR. A low carbohydrate diet affects autonomic modulation during heavy but not moderate exercise. *Eur J Appl Physiol*, 2010c; 108(6): 1133-40.
38. Mattern CO, Kenefick RW, Kertzer R, Quinn TJ. Impact of starting strategy on cycling performance. *Int J Sports Med*. 2001; 22(5): 350-5.
39. Medbø JI, Mohn AC, Tabata I, Bahr R, Vaage O, Sejersted OM. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O<sub>2</sub> deficit. *J Appl Physiol*. 1988; 64(1): 50-60.
40. Noakes TD, St Clair Gibson A, Lambert EV. From catastrophe to complexity: a novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans: summary and conclusions. *Br J Sports Med*. 2005; 39(2): 120-4.
41. Noakes TD. The central governor model of exercise regulation applied to the marathon. *Sports Med*. 2007; 37(4-5): 374-7.
42. Noakes TD, Lambert MI, Hauman R. Which lap is the slowest? An analysis of 32 world mile record performances. *Br J Sports Med*. 2009; 43(10): 760-4.
43. Poole DC, Barstow TJ, Gaesser GA, Willis WT, Whipp BJ. VO<sub>2</sub> slow component: physiological and functional significance. *Med Sci Sports Exerc*. 1994; 26: 1354-8.
44. Pringle JS, Doust JH, Carter H. Oxygen uptake kinetics during moderate, heavy and severe intensity submaximal exercise in humans: the influence of muscle fibre type and capillarisation. *Eur J Appl Physiol*. 2003; 89(3-4): 289-300.
45. Rauch HG, St Clair Gibson A, Lambert EV, Noakes TD. A signalling role for muscle glycogen in the regulation of pace during prolonged exercise. *Br J Sports Med*. 2005; 39: 34-8.

46. Sherman WM. Metabolism of sugars and physical performance. *Am J Clin Nutr.* 1995; 62(suppl 1): 228-41.
47. St Clair Gibson A, Schabert EJ, Noakes TD. Reduced neuromuscular activity and force generation during prolonged cycling. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2001; 281(1): 187-96.
48. St Clair Gibson A, Noakes TD. Evidence for complex system integration and dynamic neural regulation of skeletal muscle recruitment during exercise in humans. *Br J Sports Med.* 2004; 38(6): 797-806.
49. Thomson JA, Green HJ, Houston ME. Muscle glycogen depletion patterns in fast twitch fibre subgroups of man during submaximal and supramaximal exercise. *Pflugers Arch.* 1979; 379: 105- 8.
50. Tucker R, Rauch L, Harley YX, Noakes TD. Impaired exercise performance in the heat is associated with an anticipatory reduction in skeletal muscle recruitment. *Pflugers Arch.* 2004; 448(4): 422-30.
51. Tucker R. The anticipatory regulation of performance: the physiological basis for pacing strategies and the development of a perception-based model for exercise performance. *Br J Sports Med.* 2009; 43: 392-400.
52. Vandenberghe K, Hespel P, Eynde BV, Lysens R, Richter EA. No effect of glycogen level on glycogen metabolism during high intensity exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1995; 27: 1278-83.
53. Vollestad NK, Vaage O, Hermansen L. Muscle glycogen depletion patterns in type I and subgroups of type II fibres during prolonged severe exercise in man. *Acta Physiol Scand.* 1984; 122: 433-41.
54. Weir JP, Beck TW, Cramer JT, Housh TJ. Is fatigue all in your head? A critical review of the central governor model. *Br J Sports Med.* 2006; 40(7): 573-86.

55. Whipp BJ. The Component of O<sub>2</sub> Uptake Kinetics during Heavy Exercise. *Med. Sci. Sports Exer.* 1994; 26: 1319-26.



Levando-se em consideração a grande relevância da suplementação da CHO tanto no campo da nutrição, quanto no campo das ciências do esporte, diversos estudos têm sido realizados no intuito de esclarecer os efeitos e mecanismos de diferentes formas de suplementação de tal substrato sobre o desempenho em TCR de ciclismo. Entretanto, muito menos é conhecido sobre esses efeitos em eventos nos quais os atletas são requeridos a completarem o mais rápido possível uma determinada tarefa, como no caso dos TCR, em especial sob condições de depleção de GM.

Por isso, diversas pesquisas necessitam ser realizadas nessa área, uma vez que muitos resultados são controversos e inconclusivos. Isso é importante, uma vez que possíveis alterações na estratégia de corrida após a depleção de GM podem possibilitar treinadores e pesquisadores a estabelecerem a utilidade da manipulação de CHO ou realizar uma adaptação adequada da estratégia de prova de acordo com a condição dietética de cada atleta. Porém, a elaboração de programas de treinamento, assim como de projetos de pesquisa envolvendo manipulação dietética devem ser observados com cautela, pois muitas das divergências encontradas entre os resultados dos estudos estão relacionadas a aspectos metodológicos.

Os resultados dos estudos apresentados na presente revisão revelaram, de maneira geral, que a manipulação dietética de CHO dias antes, minutos antes e durante a prova, promove melhoras no desempenho em TCR, confirmando a relevância da disponibilidade de CHO como um recurso ergogênico em TCR de ciclismo. Por outro lado, alguns estudos, também presentes nesta revisão, mostraram que a suplementação de CHO não acarretou em melhoras no desempenho. Essas respostas controversas, obtidas após diferentes formas de suplementação, suportam a noção de que os mecanismos pelos quais as melhoras no desempenho após a suplementação de CHO poderiam ser explicadas, ainda não estão claros. Por isso, alguns aspectos metodológicos como o tempo, a quantidade e o tipo de CHO ingerido devem ser observados com cautela, uma vez que pequenas variações em um desses fatores podem proporcionar resultados adversos em termos de desempenho. Além disso, outros fatores tais como a duração e a intensidade do exercício, muitas vezes podem contribuir de forma negativa para o entendimento desse fenômeno. Dessa forma, pesquisas adicionais deveriam ser

realizadas para elucidar melhor os efeitos das diferentes formas de suplementação de CHO sobre o desempenho esportivo em TCR de ciclismo.

Além disso, os resultados encontrados no presente estudo sugerem que, de modo geral, o desempenho é prejudicado após a depleção de GM, independente de qual tipo de fibra esteja depletada. Em DEP-FIB I, esses resultados podem ser atribuídos a uma reduzida contribuição do metabolismo oxidativo no início da prova e a uma instauração prévia da fadiga periférica, verificada por uma diminuição na PP e inalterada iEMG, que se estende até o final da prova. Já em DEP-FIB II, a queda no rendimento reforça a noção de uma instauração da fadiga periférica, mas que esta foi mais pronunciada no terceiro 1/4 da prova, por um declínio significativo na PP acompanhada por uma inalterada iEMG. O sprint final ocorreu em CONT e DEP-FIB I, mas tal evento não foi visto em DEP-FIB II, apesar de um leve aumento na PP nessa situação. Isso foi acompanhado por diferentes respostas de [La] e uma aumentada contribuição anaeróbia, suportando a noção de que nessa fase da prova há uma maior contribuição das fibras do tipo II.



- BALDWIN, J et al. Glycogen availability does not affect the TCA cycle or TAN pools during prolonged, fatiguing exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 94, p. 2181-2187, 2003.
- BERGSTROM, J et al. Diet, muscle glycogen and physical performance. **Acta Physiologica Scandinavica**, Stockholm, v. 71, p. 140-150, 1967.
- FOSTER, C et al. Effect of pacing strategy on cycle time trial performance. **Med Sci Sports Exerc.** v. 25, n. 3, p. 383-388, 1993.
- FOSTER, C et al. Pacing strategy and athletic performance. **Sports Med.** 17(2):77-85, 1994.
- JOHNSON, N. A et al. Effect of altered pre-exercise carbohydrate availability on selection and perception of effort during prolonged cycling. **Eur J Appl Physiol** v. 98, p. 62–70, 2006.
- LIMA-SILVA, Adriano Eduardo et al. Effect of carbohydrate availability on time to exhaustion in exercise performed at two different intensities. **Braz J Med Biol Res.** v. 42, n. 5, p. 404-412, 2009.
- LIMA-SILVA, Adriano Eduardo et al. Low carbohydrate diet affects the oxygen uptake on-kinetics and rating of perceived exertion in high intensity exercise. **Psychophysiology** (New York. Print) in press, 2010a.
- LIMA-SILVA, Adriano Eduardo et al. A low carbohydrate diet affects autonomic modulation during heavy but not moderate exercise. **Eur J Appl Physiol**, v. 108, n. 6, p. 1133-1140, 2010b.
- RAUCH, H.G et al. A signalling role for muscle glycogen in the regulation of pace during prolonged exercise. **Br J Sports Med**, v. 39, p. 34–38, 2005.
- TUCKER, R. The anticipatory regulation of performance: the physiological basis for pacing strategies and the development of a perception-based model for exercise performance. **Br J Sports Med.** v. 43, p. 392-400, 2009.
- VANDENBERGHE K et al. No effect of glycogen level on glycogen metabolism during high intensity exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 27, p. 1278-83, 1995.