

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CARBOIDRATO ASSOCIADA OU NÃO
À PROTEÍNA NO DESEMPENHO E RECUPERAÇÃO MUSCULAR DE
DUATLETAS APÓS TESTE SIMULADO DE DUATLO OLÍMPICO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Débora Finger

Porto Alegre, Novembro de 2016

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CARBOIDRATO ASSOCIADA OU NÃO
À PROTEÍNA NO DESEMPENHO E RECUPERAÇÃO MUSCULAR DE
DUATLETAS APÓS TESTE SIMULADO DE DUATLO OLÍMPICO**

Débora Finger

Dissertação de Mestrado apresentada
à Escola de Educação Física,
Fisioterapia e Dança da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul como
requisito para a obtenção do título de
Mestre do Programa de Pós-
Graduação em Ciências do Movimento
Humano.

Orientador: Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto

PORTO ALEGRE, NOVEMBRO DE 2016

CIP - Catalogação na Publicação

Finger, Débora

Efeito da Suplementação de Carboidrato Associada
ou não à Proteína no Desempenho e Recuperação Muscular
de Duatletas após Teste Simulado de Duatlo Olímpico /
Débora Finger. -- 2016.

72 f.

Orientador: Ronei Silveira Pinto.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Escola de Educação Física, Programa
de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano,
Porto Alegre, BR-RS, 2016.

1. Esportes de resistência aeróbica. 2. Dano
Muscular. 3. Desempenho Esportivo. 4. Suplementos.
5. Duatlo. I. Silveira Pinto, Ronei, orient. II.
Título.

Débora Finger

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CARBOIDRATO ASSOCIADA OU NÃO À
PROTEÍNA NO DESEMPENHO E RECUPERAÇÃO MUSCULAR DE
DUATLETAS APÓS TESTE SIMULADO DE DUATLO OLÍMPICO**

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto (UFRGS)

(Presidente/Orientador)

Prof. Dra. Carolina Guerini de Souza (UFRGS)

Prof. Dr. Flávio Antônio de Souza Castro (UFRGS)

Prof. Dra. Cláudia Dornelles Schneider (UFCSPA)

Dedico esse trabalho à minha família
e principalmente aos meus avós **Lorena e Arnildo**,
que nem entendem do que se trata um mestrado,
mas que são os meus maiores exemplos
de amor e caráter na vida!

AGRADECIMENTOS

(Senta! Tenho muita gente a agradecer...)

*Agradeço inicialmente àquele que me deu a oportunidade de ingressar em uma pós-graduação, o professor **Ronei Silveira Pinto**. Por ter aberto as portas da universidade, por ter arriscado orientar um trabalho fora da sua área de pesquisa, pelos conselhos, e “elegantes” e sensatos puxões de orelha. Um profissional extremamente respeitado na sua área, um coração gigante e um caráter que só engrandece o respeito que tenho pela sua história no meio acadêmico. Agradeço muito também o professor **Eduardo Lusa Cadore**, que assumiu a responsabilidade (assumiu a “bronca”) com muita dedicação, competência e seriedade. Foi um verdadeiro co-orientador, presente nos momentos mais difíceis. Obrigada também por ter sido sempre uma grande injeção de ânimo e otimismo.*

*Àqueles que estiveram comigo no momento mais duro – e interminável – do mestrado inteiro: as coletas! Muitos colegas colaboraram para que a rotina fosse um pouco mais leve. Se pudesse existir um co(lega)-orientador essa pessoa certamente seria **Juliano Boufleur Farinha**. O Ju me co-orientou desde o início, desde os primeiros detalhes do projeto. Foi colega de disciplinas, sentou comigo inúmeras vezes tirando as (muitas) dúvidas que eu tinha. O ramo acadêmico e científico ainda vai ouvir falar muito nesse nome! Me enche de orgulho esse guri de Santa Maria! Além dele, e tão importante quanto, outro colega foi um verdadeiro pilar no processo inteiro. O barriga-verde mais simpático do mundo **Fábio Juner Lanferdini**, vulgo Mudinho (que de mudinho não tem nada - perdi a conta de quantas vezes respondi aos atletas o porquê do apelido dele). O Mudinho, com toda sua experiência prática (diz ele que foi um baita ciclista uns muitos anos atrás) e de laboratório, foi essencial nas minhas coletas, assim como nos processos que vieram depois. Aliás um teste incremental pode ser classificado em: teste incremental com incentivo verbal do Mudinho e teste incremental com incentivo verbal de pessoas normais. Certamente a presença dele no laboratório garantiu aos atletas, no mínimo, uns 30 W de potência a mais! Brincadeiras à parte, o Mudinho me deu a tranquilidade que eu necessitava para continuar tocando os protocolos. Foi outro co-orientador, certamente. E no final, além de todo suporte acadêmico, eu ainda ganhei um senhor parceiro de treino! Quantos pedais na bem-humorada companhia desse carismático rapaz.*

*Seguindo a linha caricata, agradeço também ao querido **Francesco Boeno** que sempre foi muito solícito quando eu precisei da sua ajuda. Além dele, devo muitos chopps também à querida **Clarissa Muller Brusco** por todas as coletas de força dos sujeitos. E olha que eu incomodei a criatura: “Issa, pode amanhã às 10h? Não pêra, o atleta acabou de pedir para vir às 9h. Pode ser? Aiii, mas às 9h o Cybex tá ocupado. Como ficaria pra ti às 12h30? Vejo com ele e te retorno. Issa, mudou tudo, voltamos para o plano inicial, às 10h ok? O quê? Agora já marcou compromisso? Tá e se...” Meus agradecimentos vão também ao **Alex de Oliveira***

Fagundes e Alessandra Vieira pelo auxílio nas coletas. E claro, não podia deixar de agradecer meu colega nutri, que comigo dividiu as reservas do lab e os desconfortáveis e barulhentas manhãs com a esteira ligada, **Rodrigo Macedo**. O cara das piadas infinitas, um dos profissionais da Nutrição mais competentes que já conheci.

A minha gratidão e carinho aos professores **Álvaro Reischak de Oliveira e Marco Aurélio Vaz** que gentilmente me cederam seus laboratórios e equipamentos para que os protocolos fossem executados e também, numa bonita lógica da área da pesquisa, cederam seus mestrandos e doutorandos, mostrando uma perfeita interação entre grupos de pesquisa da UFRGS.

Aos amigos que entenderam minha ausência, que se prontificavam a sair para tomar um café e ouvir minhas larmúrias, aos que me colocaram pra cima no momento que eu queria desistir de tudo e aos que, de longe ou perto, sempre me incentivaram a manter a calma e keep going. Impossível citar só alguns nomes aqui. As minhas amigas da **Confraria na Cozinha**, lideradas pela nossa chef master **Laís Verona**, obrigada pelos momentos de descontração e por serem meu escape mensal para todo estresse que o mestrado proporcionava.

À minha família, meus pais **Zeno e Helenita**, minha irmã **Bárbara**, meus lindos avós **Lorena e Arnildo**, pelo amor, carinho, apoio incondicional e principalmente por me aguentarem em todo o período mais crítico. À minha mãezinha amada, que jamais mediu esforços para me ajudar, que eu possa ser um dia uma mãe tão dedicada e presente como tu és. Ao meu pai, por ser um grande exemplo de caráter e ser humano íntegro. À minha irmã, que teve a ingrata tarefa de me levar de vela aos barzinhos do Vale dos Sinos. Pode agradecer bicho de estimação também aqui? Pois **Ella**, minha gata preta, mamãe te ama!

Aos meus colegas do grupo de pesquisa **GPTF**, por todo ensinamento que me transmitiram, pela satisfação em ter trabalhado com tantos pesquisadores competentes e também claro, pelos nossos sempre divertidíssimos churras.

Aos meus sujeitos, que se doaram de corpo e alma aos protocolos. Vocês foram fantásticos! Nada disso seria possível sem a colaboração de vocês! Muito obrigada por disporem do seu tempo, por abdicarem de seus treinos específicos, por solicitarem dispensa do trabalho e sempre virem ao lab com tanto bom-humor. Os momentos que passamos juntos eram, de fato, muito divertidos (pra mim, que não precisava encarar aquele protocolo casca grossa). Pelas conversas, risadas e por todo esforço, obrigada!

Aos queridos **Lucas Helal e Pedro Figueiredo** por todas as valiosas contribuições no desenvolvimento do projeto. Ao professor **Daniel Umpierre** por ser, na minha humilde opinião, o maior exemplo de profissional que a vida acadêmica me apresentou, por todos seus ensinamentos e palavras de

encorajamento. Ao cara que provoca em mim uma admiração sem igual, **Alexandre Wahl Hennigen** e que contribuiu muito no resultado final, obrigada! À minha primeira “chefinha” no mundo da nutrição esportiva, chefe que virou amiga, amiga que eu tenho profunda admiração e carinho, e quero por perto pra sempre, obrigada **Fernanda Donner Alves** pelas contribuições.

Aos professores membros da banca, por terem aceitado o convite de avaliar o trabalho final. **Carolina Guerini de Souza** por toda paz que me passou no momento mais delicado desses dois anos. **Flávio Antônio de Souza Castro**, por ter sido o melhor professor da minha pós-graduação. E **Cláudia Dornelles Schneider** inesquecível mestre da minha graduação, fonte de inspiração para minha carreira profissional, obrigada por aceitar o convite e contribuir com toda tua sabedoria. Aos demais professores que competentemente contribuíram para minha formação e que eu tive a grande honra de conhecer, muchas gracias!

À **Universidade Federal do Rio Grande do Sul** pela excelente qualidade de ensino e incentivo à pesquisa. À **CAPES** pelo apoio financeiro.

Aos sempre solícitos funcionários do Lapex e do PPG-CMH, muito obrigada! Obrigada principalmente ao querido **Luís Pinto Ribeiro** por nos divertir com seus contos e por dividir sua história conosco.

Aos amigos **Kerlin** e **Marcos Costacurta**, da loja de produtos naturais e suplementos Divina Terra, que forneceram parte dos suplementos utilizados nos experimentos.

Obrigada **Deus** pela saúde e por me abençoar todos os dias, guiando meu caminho. Doeu, como todo mestrado deve doer. Mas cá estou, mais experiente, mais resiliente, mais grata e infinitamente mais madura.

*“And once the storm is over,
You won’t remember how you made it through,
How you manage to survive,
You won’t even be sure whether the storm is really over.
But one thing is certain:
When you come out the storm,
You won’t be the same person who walked in.
That’s what this storm is all about!
That’s what life is all about!”*

HARUKI MURAKAMI

RESUMO

Introdução: A ingestão de carboidrato (CHO) durante o exercício de resistência aeróbica de longa duração tem se mostrado capaz de otimizar o desempenho dos atletas. Alguns estudos recentes têm reportado também um efeito ergogênico quando a proteína (PTN) é adicionada a uma bebida carboidratada. Além disso, a coingestão tem sido relacionada com a atenuação do dano muscular, tido como fator limitante da recuperação muscular. No entanto, pouco se investigou sobre a influência dessas suplementações, comparadas a uma bebida placebo (PLA), no duatlo de distância olímpica. **Objetivo:** Comparar o efeito de três diferentes estratégias nutricionais de suplementação (CHO vs. CHO+PTN vs. PLA), durante um teste simulado de duatlo (TSD) olímpico, no desempenho e recuperação muscular de duatletas amadores. **Métodos:** Em um ensaio clínico, cruzado, randomizado e duplo-cego, treze atletas amadores do sexo masculino, com idade média de $29,7 \pm 7,7$ anos, participaram de três TSD consumindo: bebida carboidratada (CHO, 75 g); bebida isocalórica combinando carboidrato e proteína, na proporção 4:1 (CHO+PTN, 60,5 g CHO e 14,5 g PTN); e bebida placebo (PLA). Aos atletas informou-se apenas que o estudo visava investigar a influência de três diferentes tipos de suplementação. Após jejum de 8 h, sujeitos recebiam um café da manhã padrão, com 1,5 g/kg CHO e 45 min depois iniciavam o protocolo. As intensidades da primeira corrida (10 km) e da sessão de ciclismo (40 km) foram controladas, utilizando dados previamente coletados em testes preliminares, e a corrida final, de 5 km, foi tratada como um contrarrelógio (t_{5km}). Coletas de sangue foram realizadas antes, imediatamente após e 24h após cada teste simulado, e analisou-se concentrações de glicose e creatina quinase (CK). Pico de torque (PT) isométrico foi mensurado no início do estudo e 24h após cada teste. **Resultados:** Os atletas completaram as distâncias totais do duatlo olímpico em $\sim 1h 51min$. Não houve diferença significativa no t_{5km} entre as condições CHO ($1270,3 \pm 130,5$ s) vs. CHO+PTN ($1267,2 \pm 138,9$ s) vs. PLA ($1275,4 \pm 120$ s); $p = 0,87$; $TE \leq 0,1$. Os resultados de PT não demonstraram alterações significativas entre as condições basal ($302,2 \pm 52,8$ N.m) vs. pós-24h CHO ($300,1 \pm 41,4$ N.m) vs. pós-24h CHO+PTN ($292,2 \pm 49,4$ N.m) vs. pós-24h PLA ($282,1 \pm 43,1$ N.m); $p = 0,24$; $TE \leq 0,4$. Embora, os resultados de CK tenham mostrado aumento significativo para todas as condições na comparação pré vs. pós-24h: CHO (300%; $p < 0,01$; $TE = 0,93$); CHO+PTN (82%; $p < 0,01$; $TE = 0,73$) e PLA (190%; $p = 0,01$; $TE = 1,04$), não foram encontradas diferenças entre as condições nos diferentes momentos - pré, imediatamente após e pós-24h ($p = 0,32$; $TE = 0,3 - 1,04$). **Conclusão:** Em uma prova simulada de duatlo olímpico, com refeição pré-teste contendo 1,5g/kg de carboidrato, as suplementações de CHO e de CHO+PTN não oferecem benefícios extras quando comparadas a uma bebida placebo no que diz respeito ao desempenho e recuperação muscular dos atletas.

Palavras-chaves: Esportes. Suplementos. Exercício de resistência. Carboidrato. Proteína. Dano muscular. Desempenho esportivo.

ABSTRACT

Introduction: Carbohydrate (CHO) intake during long-term endurance exercise has been shown to optimize performance in athletes. Some recent studies have also reported an ergogenic effect when protein (PRO) is added to a carbohydrate drink. Furthermore, the coingestion has been related to the attenuation of muscle damage, seen as a limiting factor in muscle recovery. However, little has been investigated about the influence of such supplementation, compared to a placebo drink (PLA), in an Olympic-distance (OD) duathlon. **Purpose:** This study aimed to compare the effects of three different nutritional supplementation strategies (CHO vs. CHO+PRO vs. PLA) during a simulated OD duathlon, on performance and indices of muscle recovery of amateurs duathletes. **Methods:** In a crossover, randomized, double-blind clinical trial, thirteen male amateur athletes, mean age 29.7 ± 7.7 years, participated in three simulated OD duathlons consuming either a carbohydrate drink (CHO, 75 g); an isocaloric drink combining carbohydrate and protein in a 4:1 ratio (CHO+PRO, 60.5 g CHO and 14.5 g PRO); or a placebo (PLA) drink. The athletes were informed that the study aimed to investigate the influence of three different types of supplementation. After an 8 hours fast, subjects received a standard breakfast, with 1.5 g / kg CHO and 45 min later the protocol began. The intensities of the first running (10 km) and cycling session (40 km) were controlled using previously collected data, and the final running, 5 km, was treated as a time-trial (t_{5km}). Blood samples were taken before, immediately after and 24 hours after each simulated duathlon and glucose and creatine kinase (CK) levels were analyzed. Isometric peak torque (PT) was measured at baseline and 24 hours after each test. **Results:** The athletes completed the OD duathlons in ~ 1 h 51min. There was no significant difference in t_{5km} between CHO (1270.3 ± 130.5 sec) vs. CHO+PRO (1267.2 ± 138.9 sec) vs. PLA (1275.4 ± 120 sec); $p = 0.87$; $ES \leq 0.1$. The results of PT showed no significant changes between baseline conditions (302.2 ± 52.8 Nm) vs. 24h post-CHO (300.1 ± 41.4 Nm) vs. 24h post-CHO+PRO (292.2 ± 49.4 Nm) vs. 24h post-PLA (282.1 ± 43.1 Nm); $p = 0.24$; $ES \leq 0.4$. Although CK results showed significant increase for all conditions when comparing pre vs. post 24h CHO (300%; $p < 0.01$; $ES = 0.93$); CHO+PRO (82%; $p < 0.01$; $ES = 0.73$) and PLA (190%, $p = 0.01$; $ES = 1.04$), no differences were found between the conditions in the different moments - pre, immediately after and after 24 hours ($p = 0.32$; $ES = 0.3 - 1.04$). **Conclusion:** In a simulated Olympic-distance duathlon, with pre-meal test containing 1.5g / kg of carbohydrate, the ingestion of CHO and CHO+PRO does not provide additional benefits when compared to a placebo drink regarding athletes' performance and muscle recovery.

Keywords: Dietary supplements. Physical endurance. Carbohydrates. Proteins. Muscle damage. Performance enhancing substances.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Absorção intestinal da glicose (que utiliza o transportador, dependente de sódio, SGLT1) vs. frutose (transportada através da membrana do epitélio intestinal com o auxílio do GLUT5). 25
- Figura 2.** Desenho experimental do estudo. 36
- Figura 3.** Imagem aérea do Campus da ESEFID/UFRGS. O prédio do laboratório onde foram realizados a corrida inicial (10 km) e a sessão ciclismo (40 km) do TSD encontra-se circulado. A área tracejada mostra o circuito da corrida final (atletas percorriam 4 voltas de 1,25 km cada). 40
- Figura 4.** (A) e (B) Valores individuais, em segundos, de desempenho entre CHO vs. PLA e CHO+PTN vs. PLA, respectivamente; (C) Valores, em segundos (média \pm desvio padrão), relativos ao desempenho nos 5 km finais de corrida (t_{5km}) durante o TSD para as seguintes condições CHO vs. CHO+PTN vs. PLA ($p > 0,05$; $TE \leq 0,1$). Dados expressos em média e desvio padrão; $n = 13$ 47
- Figura 5.** Resultados de pico de torque isométrico entre as condições basal vs. pós-24h CHO vs. pós-24h CHO+PTN vs. pós-24h PLA ($p = 0,24$; $TE \leq 0,41$). Dados expressos em média e desvio padrão; $n = 13$ 48
- Figura 6.** Resultados de concentrações plasmáticas de CK nos momentos pré TSD, imediatamente pós TSD e 24 h após TSD. * = diferença significativa com relação à situação pré-simulado ($p \leq 0,01$; $TE = 0,3 - 1,04$); † = diferença significativa com relação à situação imediatamente após ($p = 0,02$; $TE = 0,67$). Dados expressos em média e desvio padrão; $n = 13$ 49
- Figura 7.** Resultados de concentrações plasmáticas de glicose. * = diferença significativa com relação à situação pré-simulado ($p \leq 0,01$; $TE > 0,8$); & = diferença significativa com relação à condição placebo no momento imediatamente após ($p = 0,01$; $TE > 0,8$). Dados expressos em média e desvio padrão; $n = 13$ 50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparação de estudos examinando efeito da suplementação durante exercício no desempenho e/ou recuperação muscular.	29
Tabela 2. Caracterização da amostra (n=13).....	35
Tabela 3. Detalhes das suplementações utilizadas no estudo.	42
Tabela 4. Parâmetros nutricionais da refeição pré-TSD.	45
Tabela 5. Parâmetros nutricionais dos registros alimentares.....	45
Tabela 6. Detalhes gerais de cada segmento dos TSD (n=13).	46

LISTA DE ABREVIATURAS E UNIDADES

ACSM	<i>American College of Sports Medicine</i>
AP24h	Avaliações pós 24h
CHO	Carboidrato
CHO+PTN	Carboidrato + proteína
CK	Creatina Quinase
DO	Distância olímpica
ESEFID	Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança
FC	Frequência cardíaca
GPS	<i>Global Positioning System</i>
LAPEX	Laboratório de Pesquisa do Exercício
PLA	Placebo
PO	Potência
PO_{máx}	Potência máxima
PT	Pico de torque
PTN	Proteína
rpm	Rotações por minuto
s	Segundos
t_{5km}	Tempo total decorrido nos 5km de corrida
TE	Tamanho de efeito
TSD	Teste simulado de duatlo
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
W	Watts
VET	Valor energético total
vs.	<i>Versus</i>
VO_{2máx}	Consumo máximo de oxigênio

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	16
INTRODUÇÃO	17
CAPÍTULO I.....	19
REVISÃO DE LITERATURA	19
1 Esportes multidisciplinares.....	19
2 Duatlo distância olímpica	21
3 Carboidrato e desempenho.....	23
4 Proteína e desempenho	25
CAPITULO II.....	31
Efeito da Suplementação de Carboidrato Associada ou não à Proteína no Desempenho e Recuperação Muscular de Duatletas após Teste Simulado de Duatlo Olímpico.....	31
CAPÍTULO III.....	60
CONSIDERAÇÕES FINAIS E DIREÇÕES.....	60
REFERÊNCIAS	61
ANEXO 1	70

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho foi motivado pelo anseio de responder as seguintes questões: (1) Qual é o efeito da adição de proteína a um suplemento de carboidrato sobre o desempenho de duatletas submetidos a um teste simulado de duatlo olímpico? (2) Qual é o efeito da adição de proteína a uma bebida carboidratada na recuperação muscular desses atletas?

A busca pelas respostas nos conduziu ao desenvolvimento de um projeto de pesquisa junto aos setores de Fisiologia do Exercício e Plasticidade Neuromuscular do Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança (ESEFID) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

O conteúdo dessa dissertação é apresentado em: Introdução, Capítulo I, Capítulo II e Capítulo III.

O Capítulo I apresenta uma revisão bibliográfica acerca do tema proposto. Sumariza os estudos que podem ser encontrados investigando a suplementação de carboidrato isolada e/ou associada à proteína em esportes de resistência aeróbica, principalmente triatlo e duatlo.

O Capítulo II apresenta-se em forma de artigo científico, intitulado “Efeito da Suplementação de Carboidrato Associada ou não à Proteína no Desempenho e Recuperação Muscular de Duatletas após Teste Simulado de Duatlo Olímpico”. Esse artigo será traduzido e submetido ao periódico *International Journal of Sports Nutrition & Exercise Metabolism (IJSNEM)*.

O Capítulo III retrata as conclusões do estudo e as perspectivas para futuros projetos.

INTRODUÇÃO

Apesar da maioria dos atletas alcançarem suas necessidades nutricionais antes e depois do exercício com refeições pré e pós treino baseadas na especificidade da relação atleta-treino, atividades de resistência aeróbica de longa duração e/ou alta intensidade requerem recomendações nutricionais também durante o exercício (1). A qualidade e quantidade da ingestão alimentar tem papel importante na resposta ao treinamento e no desempenho atlético (2). Há tempos se reconhece que o uso do carboidrato (CHO) durante o exercício de resistência aeróbica melhora significativamente o desempenho do atleta comparado com água ou bebidas placebo (3-8). A suplementação evita a desidratação, mantém os níveis séricos de glicose, prevenindo a hipoglicemia (9), e potencialmente atenua a fadiga central e a depleção de glicogênio muscular (1).

Historicamente, os estudos têm explorado protocolos de suplementação com diferentes tempo/momento de administração, tipos de CHO e doses, com pouca ou nenhuma atenção à proteína (PTN). No entanto, mais recentemente, alguns pesquisadores têm investigado os efeitos da adição de PTN a suplementos contendo CHO e administradas durante o exercício, com o intuito de avaliar o impacto desse macronutriente no metabolismo e no desempenho dos indivíduos (2, 9-16). Sabe-se que a PTN tem pequena contribuição na demanda total de energia durante o exercício (9, 17, 18). No entanto, ela apresenta outras características fisiológicas que poderiam influenciar o desempenho final. Quando associada ao CHO, poderia melhorar a biodisponibilidade de aminoácidos, aumentar os níveis de insulina e diminuir os níveis de cortisol, criando um ambiente menos catabólico. Essas alterações metabólicas e hormonais poderiam, por sua vez, modificar taxas de oxidação de glicose e gordura, poupando glicogênio muscular e inibindo a quebra proteica durante o exercício (9, 19). Baseados nesses mecanismos, alguns autores têm sugerido que a adição da PTN é capaz de prolongar a capacidade de resistência aeróbica de atletas numa proporção significativamente maior do que a tradicional suplementação isolada de CHO (1, 12, 14, 15, 20, 21). Além disso, a combinação CHO+PTN também tem sido associada à redução dos marcadores de dano muscular e consequente melhora na recuperação pós-exercício (1, 14, 21-24).

Esses achados são, de fato, intrigantes e sugerem que a importância da PTN nos esportes de resistência pode ter sido negligenciada ao longo dos anos. No

entanto, as diferenças metodológicas dos estudos publicados na área tornam difícil de discernir se os benefícios da associação de CHO+PTN observados por alguns autores são um resultado da PTN *per se* ou de outras variáveis (2). Além disso, os resultados são contraditórios, uma vez que alguns estudos não encontraram efeito ergogênico (2, 10, 13, 16) da associação CHO+PTN, tampouco relataram melhora na recuperação muscular dos atletas (25-27).

Na maior parte dos artigos supracitados comparando CHO vs. CHO+PTN as suplementações não eram isocalóricas. Basicamente, enquanto um grupo recebia uma determinada quantidade de CHO, ao outro grupo (CHO+PTN) apenas se adicionava uma quantidade de PTN, sem equivaler-se o valor energético total (VET). Em recente metanálise, Stearns *et al.* (2010) afirmam que as melhoras no desempenho classicamente observadas em alguns estudos devem-se ao simples fato dos suplementos possuírem valores energéticos diferentes (9).

Além das diferenças na suplementação em si, o modo como o desempenho tem sido mensurado nas intervenções também pode explicar os resultados controversos da literatura. Vários estudos têm utilizado protocolos de tempo até a exaustão (14, 15, 21, 24, 28). A validade ecológica desses protocolos é deveras limitada, uma vez que atletas de resistência jamais competem em eventos similares (2). Jeukendrup *et al.* (1996) observaram que protocolos de tempo até a exaustão possuem um coeficiente de variação >25% em cinco testes repetidos (29). Já os protocolos do tipo contrarrelógio (*time-trials*) têm menor erro de variância entre repetidos testes (1) e são mais ecológicos, pois representam uma boa simulação fisiológica da vida real do atleta, principalmente em corrida e ciclismo (30).

Diante desses resultados conflitantes, uma recente controvérsia tem sido alimentada. Mais estudos estão sendo desenvolvidos a fim de melhor conhecer os benefícios da coingestão de CHO+PTN para atletas de resistência aeróbica. Até o presente momento, não há dados ou fundamentação teórica suficiente para recomendar a inclusão de PTN nas bebidas esportivas que já contenham CHO e que são consumidas durante esse tipo de exercício. Também são escassos os estudos realizados em esportes multidisciplinares como o triatlo e, principalmente, o duatlo. Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo comparar o efeito de três diferentes estratégias nutricionais de suplementação (CHO vs. CHO+PTN vs. PLA), durante um teste simulado de duatlo (TSD) olímpico, no desempenho e recuperação muscular de duatletas amadores.

CAPÍTULO I

REVISÃO DE LITERATURA

1 Esportes multidisciplinares

Os esportes envolvendo mais de uma modalidade têm sua origem na Grécia clássica, onde eram realizadas combinações como arremesso de disco e martelo, corrida e saltos em altura/distância - em uma manifestação atlética denominada pentatlo. Registros citam o início do pentatlo nos anos 708 a.C. A sua prática transmitia a ideia de que o melhor atleta não era o que ganhava uma das competições de forma isolada, mas sim aquele que tinha um desempenho regular em todas as modalidades. Bem mais recentemente, em 1884, surgiu o decatlo que envolvia a corrida, o ciclismo e a canoagem. Essa modalidade é considerada até hoje como a antecedente mais próxima do atual triatlo (31, 32).

O triatlo é um esporte constituído de, e realizado contínua e ininterruptamente, nessa ordem: natação, ciclismo e corrida. Dados históricos mostram que o esporte surgiu em 1974, em San Diego/Estados Unidos. Nesse ano, um clube de atletismo da cidade, em período de férias, decidiu passar uma planilha de treinamento composta por exercícios de natação e ciclismo a seus atletas. O objetivo era desviar o foco do atletismo, sem que os atletas perdessem muito condicionamento físico. Na volta das férias, os treinadores realizaram testes com os atletas a fim de certificar-se de que eles haviam cumprido a planilha. Esses testes compreenderam 500 m de natação na piscina do clube, seguidos de 12 km de ciclismo e de 5 km de corrida. A pedido dos atletas, essa prática foi repetida no ano subsequente, com alguns convidados especiais: o grupo de salva-vidas de San Diego, que foram facilmente vencidos pelos atletas do clube. No ano seguinte, nova competição, no entanto, com uma alteração: os salva-vidas propuseram que, dessa vez, a natação fosse realizada no mar (700 m). Cerca de 95 pessoas participaram desta que foi, historicamente, a primeira prova de triatlo documentada (33).

Com o passar dos anos, modificações nas distâncias da prova foram realizadas a fim de atrair mais adeptos ao esporte. As provas iniciais de distância denominada *sprint* (750 m natação, 20 km ciclismo e 5 km corrida) deram origem, anos mais tarde, à distância olímpica (DO) com 1500 m natação, 40 km ciclismo e 10 km corrida; e às provas longas, como o *Ironman* (3,8 km natação, 180 km

ciclismo e 42,195 km de corrida). A primeira prova de *Ironman* ocorreu no Havai, em 1978, e até hoje, no mês de outubro, a cidade é sede do campeonato mundial da modalidade (33). De forma concomitante ao sucesso do *Ironman*, a DO também cresceu. O triatlo virou esporte olímpico nos anos 2000, em Sydney/Austrália. Segundo Domingues (1995) a partir da década de 70 o esporte começou a ser difundido em diversas partes do mundo e chegou ao Brasil na década de 80 (34). Relatos do autor indicam que a primeira prova foi realizada no Aterro do Flamengo/Rio de Janeiro, em fevereiro de 1982 (33).

Visando tornar a prova mais atrativa comercialmente também se passou a realizar provas *draft-legal*. Há um real favorecimento resultante do efeito *drafting* (arrasto) proveniente do deslocamento da bicicleta antecedente, permitindo desta forma, que atletas com diferentes níveis de desempenho trafeguem em um mesmo pelotão. O arrasto representa a mudança de uma zona de alta pressão (onde o fluxo é laminar) para uma zona de baixa pressão (de fluxo turbulento). A postura de um ciclista em uma bicicleta de contrarrelógio, por exemplo, já representa uma redução de 5 - 30% na resistência do ar comparada à postura em uma bicicleta *road* convencional (35). Hauswirth *et al.* (1999 e 2001) afirmam que, ao competir em um pelotão, mesmo que se alterne os atletas na posição de liderança, grande quantidade de energia é poupada (36, 37). De fato, McCole *et al.* (1990) quantificaram a economia de energia ao pedalar em pelotão. Segundo os autores, o segundo atleta no pelotão já dispense ~18% a menos de energia a uma velocidade de 32 km/h e ~27% menos a 40 km/h. Já o oitavo ciclista de um pelotão que trafega a 40 km/h economiza cerca de 39% de energia (38). A alteração da regra liberando provas *draft-legal* tornou o esporte mais tático e inverteu, até certo ponto, alguns valores tradicionais. Quando o triatlo surgiu, a individualidade era uma característica marcante do esporte e tinha grande influência no desempenho final de todos os atletas. Era necessário ter um alto e regular rendimento nas três modalidades, mas com a validação do *drafting* no ciclismo, maior atenção tem sido dada à natação e à corrida, uma vez que no ciclismo, muitas vezes, existe um nivelamento de todo o grupo com os atletas mais fortes, resultando em desempenhos semelhantes. Antes das mudanças, por exemplo, era muito improvável que os atletas conseguissem completar os 10 km finais de corrida em um tempo menor que 32 min. Hoje, os 10 primeiros atletas do ranking mundial possuem tempos inferiores a essa marca. Nos últimos Jogos Olímpicos, no Rio de Janeiro – 2016, os irmãos britânicos Alistair e

Jonathan Brownlee, campeão e vice da prova, percorreram os 10 km de corrida em 31min 9s e 31min 16s, respectivamente (39). De fato, à nível internacional pode-se observar que os atletas campeões das provas não lideram a competição durante todo o período. No ciclismo se observa uma alternância no líder da prova e em algumas situações, o vencedor geral jamais assume a ponta nesse segmento da prova. Essa atitude mostra a tentativa do atleta em se preservar para a última etapa, a corrida final e, por esse motivo, praticamente não ocorrem tentativas de fugas. A corrida final é, portanto, decisiva para o resultado final de uma competição.

2 Duatlo distância olímpica

Referências fidedignas sobre a origem do duatlo são escassas. O duatlo é também um esporte multidisciplinar, que envolve corrida e ciclismo, e difere-se do triatlo por ter o segmento da natação substituído por um segundo segmento de corrida (estabelecendo um padrão corre-pedala-corre). Essa alteração torna o esporte mais desgastante (40, 41) e fisiologicamente um pouco diferente do triatlo (42), uma vez que o mesmo grupo muscular (membros inferiores) é utilizado em maior volume. Atualmente, o duatlo é disputado em diferentes distâncias, embora a maioria das provas seja realizada na distância denominada *sprint*, que não requer um planejamento de suplementação durante a competição devido à sua curta duração (~1 h). Contudo, na prova de DO, o atleta corre 10 km, pedala 40 km e corre mais 5 km (~ 1h 45 min para atletas profissionais e 2 h para atletas amadores - tempo que torna necessária a adoção de uma estratégia de suplementação durante a prova) (43).

Para normatizar e administrar os procedimentos técnicos do triatlo, duatlo e aquatlo fundou-se em 1989, na cidade de Avignon/França, a *International Triathlon Union* (ITU). A ITU é o órgão responsável, portanto, pela organização e desenvolvimento do esporte a nível mundial (39). Em 1991 surgiu a Confederação Brasileira de Triatlo (CBTri), entidade nacional representativa do esporte e alguns anos mais tarde a Federação Gaúcha de Triatlo (FGTri). O próprio website da ITU reconhece que, embora muitos atletas se tornem especialistas no duatlo, o esporte é mais comumente utilizado por triatletas para aprimorar a corrida e o ciclismo, já que as provas de geralmente ocorrem durante o período *off-season* do triatlo (39).

O interesse de pesquisa na área tem aumentado consideravelmente nos últimos anos. De fato, depois do início do século XXI, muitos novos trabalhos surgiram, no entanto, sempre com predominância em investigações de provas de triatlo de longa distância – *Ironman* (2). Apesar da relativa riqueza de dados no triatlo, muito pouco se investigou sobre o duatlo. Aliás, o número de trabalhos científicos que aborda os esportes multidisciplinares são bem menos expressivos se comparados aos estudos das modalidades separadamente envolvidas neles (estudos que investiguem somente a natação, somente a corrida ou somente o ciclismo). Grande parte dos trabalhos é realizado focando-se na avaliação das demandas e perfil fisiológicos dos atletas nas modalidades isoladas, dificultando assim uma melhor compreensão da fisiologia envolvida em modalidades sequenciadas. Percebe-se assim, uma necessidade de analisar a influência dos exercícios sequenciados, bem como, investigar possíveis estratégias de suplementação durante uma competição, para melhor compreender as variáveis que possam influenciar o desempenho final no triatlo e duatlo.

O uso de manipulações dietéticas e o consumo de determinados nutrientes com propósito de aumento de desempenho por parte dos atletas são uma prática recorrente há algum tempo. Devido ao ambiente altamente competitivo em que vivem os atletas, a investigação de suplementações que possam ter um efeito ergogênico tem sido cada vez mais aprofundada (44). Quando se discute acerca da suplementação em exercícios aeróbicos de longa duração, sabe-se que um dos substratos mais degradados e utilizados é o CHO, armazenado na forma de glicogênio (7). A glicose, por sua vez, exerce um papel essencial pelo fato de servir como combustível primário na demanda energética do músculo, principalmente durante exercícios intensos (45). Assim sendo, a ingestão de CHO tem sido recomendada para atletas envolvidos em sessões de exercício com duração ≥ 90 min (43).

A suplementação do duatlo e do triatlo ocorre majoritariamente na etapa de ciclismo (independentemente da distância). Estudo de Kimber *et al.* (2002) mostrou que a ingestão de CHO de triatletas em uma prova de *Ironman* era quase três vezes maior durante os 180 km de ciclismo do que posteriormente, nos 42 km de corrida (46). Ao comparar a ingestão total do macronutriente entre diferentes esportes percebe-se que em provas de ciclismo e de triatlo/duatlo o consumo de CHO é muito maior do que em maratonas (47). Embora não haja consenso na literatura,

acredita-se que nesse tipo de esporte, a suplementação deveria ser exclusivamente de CHO (7). Obviamente deve-se levar em consideração se a suplementação em questão será realizada em rotina de treinos e/ou durante provas. Quando são consideradas situações de competição, nas quais se deseja obter um desempenho máximo, a PTN poderia vir a ser um dificultador, visto que tem menor contribuição, se comparada ao CHO e aos lipídeos, na demanda total de energia durante o exercício.

3 Carboidrato e desempenho

Conforme relatado já em 1996 por McMurray e Anderson (48), a nutrição é um dos fatores que pode favorecer o desempenho atlético. Quando bem orientada, pode reduzir a fadiga, permitindo ao atleta treinar por mais tempo, apresentar melhor desempenho ou recuperação entre os treinos, reduzindo as lesões ou auxiliando na recuperação das mesmas; além de melhorar a saúde geral do atleta.

Foi no início do século XX que se descobriu que o CHO era um importante combustível para o exercício. A partir de 1980 surgiram os primeiros estudos identificando que a ingestão de CHO durante o exercício de intensidade moderada à alta era capaz de melhorar a capacidade de resistência aeróbica do indivíduo (3-7). De uma forma geral, em exercícios mais longos, a suplementação de CHO previne uma possível hipoglicemia, mantendo estáveis os níveis séricos de glicose; atenua a depleção de glicogênio muscular; mantém altas taxas de oxidação de CHO exógeno e, conseqüentemente, melhora o desempenho quando comparada com uma suplementação placebo (1, 49).

Inicialmente, se acreditava que se a duração do exercício fosse menor que 90-120 min, a ingestão de CHO não teria efeito algum. Porém, mais recentemente, tornou-se evidente que a ingestão de CHO durante o exercício pode melhorar o desempenho do atleta mesmo em exercícios de duração mais curta (~1h) em alta intensidade, como, por exemplo uma hora de exercício a 75% do VO_{2max} (7, 43, 49). Caso não haja uma ingestão de CHO durante os exercícios de longa duração, os estoques de glicogênio corporais serão facilmente depletados, provocando uma queda nas concentrações de glicose sanguínea e, conseqüentemente, o sistema nervoso central e o metabolismo muscular poderão entrar em colapso, provocando a interrupção da atividade (50-53).

Estudos atuais nessa área têm demonstrado, portanto, que o CHO é essencial em exercícios de resistência aeróbica e que a quantidade que deve ser administrada varia de acordo com a duração e a intensidade do exercício – quanto mais intenso o exercício, maior é a dependência do músculo ao CHO como forma de energia (49). Em termos de intensidade, a ingestão de CHO permite que um ritmo considerado ideal seja mantido por um grande período de tempo, proporcionando assim um retardo na fadiga (50, 53, 54).

Parece não haver correlação entre o peso corporal e a taxa de oxidação de CHO exógeno, uma vez que o fator limitante, a absorção intestinal, independe de valor de massa corporal (49). Sabe-se que a glicose utiliza um transportador sódio-dependente (SGLT1) para absorção, e este, satura a uma ingestão de CHO de 60 g/h, ou seja, 1 g/min. Dessa forma, um *optimal rate* de 60 g/h foi estabelecido como o mínimo recomendado aos atletas de resistência, independente de sua massa corporal (49). No entanto, quando a glicose é ingerida na taxa de 60 g/h, e outro tipo de CHO é ofertado (i.e. frutose) a taxa de oxidação pode aumentar para 1,26 g/min, pois um diferente transportador (GLUT5) é utilizado (55). Assim sendo, carboidratos de múltiplos transportadores devem ser usados preferencialmente em atividades de longa duração, pois garantem uma maior taxa de oxidação (56). Uma série de estudos tem analisado a oxidação de CHO exógeno e há unanimidade em afirmar que suplementações que utilizem CHO de diferentes transportadores são capazes de encontrar maiores taxas de oxidação (em até 75%) comparadas a suplementações com CHO que utilize somente o transportador SGLT1 (49). Jeukendrup (2014) afirma ainda que essas altas taxas de oxidação podem ser atingidas não somente consumindo CHO em bebidas, mas também géis ou alimentos sólidos (49).

A Figura 1 ilustra a absorção de diferentes tipos de CHO (57).

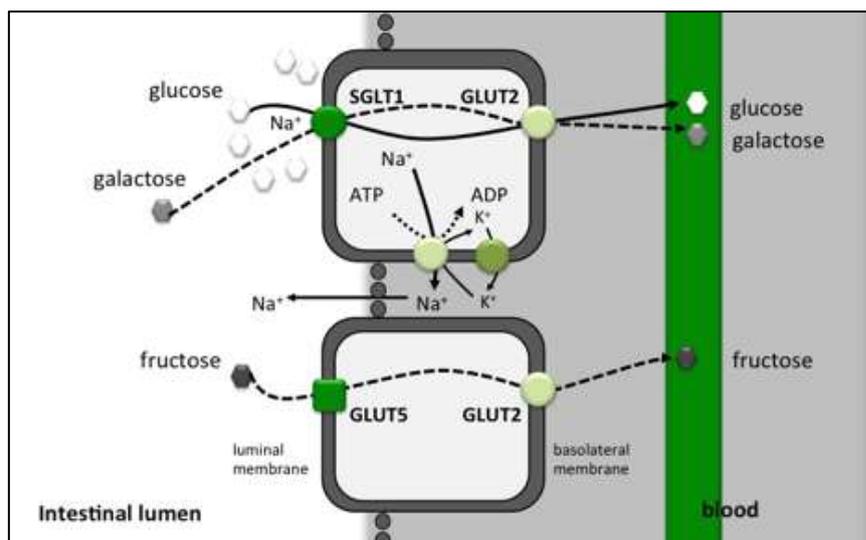


Figura 1. Absorção intestinal da glicose (que utiliza o transportador, dependente de sódio, SGLT1) vs. frutose (transportada através da membrana do epitélio intestinal com o auxílio do GLUT5) (GSSI, 2016).

4 Proteína e desempenho

Dados da literatura têm mostrado que a ingestão de PTN durante e/ou imediatamente após uma sessão de exercício facilita a recuperação muscular (30). Nos últimos anos, no entanto, tem sido sugerido também que a suplementação da PTN durante o exercício poderia influenciar diretamente o desempenho do indivíduo (12, 14, 15, 20, 21). Por conceitos clássicos e, conhecendo bem o papel estrutural da PTN no reparo muscular, esperar-se-ia que a suplementação de PTN reduzisse o dano muscular induzido pela sessão de treinamento. Por outro lado, sabe-se que durante o exercício, os principais nutrientes utilizados como fonte de energia são os CHO e os lipídeos, sendo que a PTN parece contribuir muito pouco para a demanda energética total do exercício (17, 18). Alguns autores reportam que a ingestão de PTN poderia desencadear um desempenho reduzido uma vez que a presença do macronutriente em uma bebida carboidratada poderia retardar o esvaziamento gástrico, e dessa forma, o CHO ingerido chegaria ao trato intestinal mais lentamente (13, 58). Osterberg *et al.* (2008) mencionam os efeitos desfavoráveis que a suplementação com PTN pode provocar. Segundo os autores, além do retardo no esvaziamento gástrico, a resposta aumentada à insulina com a adição de PTN, reportada em alguns estudos, pode suprimir a lipólise durante o exercício, aumentando a dependência no glicogênio muscular como fonte de energia (13). Em relação ao fato de efeitos ergogênicos não serem encontrados na associação de

CHO+PTN, Osterberg *et al.* (2008) discorrem que são resultados esperados já que os aminoácidos são oxidados, porém não são utilizados a menos que as reservas de glicogênio muscular e a glicose plasmática não sejam mais capazes de fornecer a energia necessária para o exercício (13). Alguns estudos, no entanto, reportam melhora no desempenho com o acréscimo de PTN. Koopman *et al.* (2004) foram os primeiros a demonstrar efeitos positivos da combinação de CHO+PTN durante o exercício para atletas de resistência aeróbica (59). A suplementação, segundo os autores, seria capaz de atenuar a típica quebra de PTN induzida pelo exercício, proporcionando um ambiente menos catabólico (resposta insulínica aumentada e aumento da captação de glicose pelo músculo via estimulação de transportadores de glicose) que por sua vez, colocaria o atleta em um melhor parâmetro nutricional durante o período de recuperação muscular (30, 59).

Recente revisão sistemática (19) discutiu os motivos pelos quais alguns autores têm encontrado essa melhora no desempenho com o uso da PTN. Segundo os autores do estudo, a PTN é capaz de reduzir a taxa de oxidação do CHO durante o exercício prolongado; acelerar a recuperação do glicogênio muscular depletado em sessão prévia de treinamento (melhorando o desempenho nas sessões subsequentes de treino); reduzir a taxa de degradação proteica pós-exercício, acarretando em níveis mais baixos de dor muscular e uma menor redução da força muscular; além de proporcionar um melhor e mais rápido aumento de massa magra e força muscular. Os autores comentam ainda que apesar de alguns trabalhos mostrarem resultados que suportam esses mecanismos de ação da PTN, as evidências ainda são limitadas quando relacionadas às alterações no desempenho (19). Estudos conduzidos após o início dos anos 2000 mostraram que a adição de PTN a uma bebida contendo CHO é capaz de prolongar o tempo à exaustão de atletas numa faixa de 13-36% (12, 14, 15, 21). Em contraste, outros estudos, bem controlados, não encontraram efeito ergogênico da associação da PTN ao CHO no desempenho de ciclistas (10, 13, 16).

Assim sendo, não há ainda um consenso para a recomendação da PTN durante exercícios de resistência aeróbica (60). As muitas diferenças metodológicas existentes nesses estudos tornam mais difícil ainda discernir se os benefícios observados na associação dos macronutrientes refletem um resultado da PTN *per se* ou de outros fatores (2). Primeiramente, é importante salientar, que existem discrepâncias importantes no modo como o desempenho é medido. A validade

ecológica de estudos que utilizam protocolos de tempo até a exaustão é bem limitada, pois atletas de resistência jamais competem em eventos que requerem a manutenção de uma determinada intensidade pelo maior tempo possível (2). Em segundo lugar, a energia adicional consumida quando a PTN é associada ao CHO pode explicar os benefícios observados por alguns autores (1, 12, 14, 15) – na maioria dos casos a suplementação entre os diferentes momentos não é isocalórica. Outro fator relevante levantado por alguns pesquisadores é o fato da quantidade suplementada de CHO não ser, por vezes, suficiente para atingir a demanda de oxidação do CHO na musculatura envolvida no exercício. Em estudos em que a suplementação de CHO é administrada em quantidades menores que os valores recomendados (30-60 g/h) o papel da PTN em melhorar o desempenho geralmente é insignificante (1). Contudo, a coingestão de CHO+PTN, como uma forma de assegurar uma boa resíntese do glicogênio muscular parece ser uma boa estratégia em situações em que o CHO não pode ser consumido no nível considerado ótimo - casos de problemas intestinais, por exemplo (59). Por último, mas não menos importante, a falta de um controle adequado de variáveis externas pode trazer resultados conflitantes. O conhecimento do atleta de parâmetros como: tempo decorrido, distância percorrida e frequência cardíaca (FC) durante o exercício podem comprometer o cegamento dos tratamentos, criando um efeito placebo.

Conforme mencionado anteriormente, grande parte dos pesquisadores que estudam a ingestão associada de PNT e CHO focam seus estudos no impacto que a intervenção possa causar no desempenho do indivíduo (2). No entanto, muitos autores têm sugerido que o maior benefício do consumo combinado de CHO+PTN durante e após o exercício seja a melhora da recuperação, ou seja, a coingestão reduziria o tempo em que se reestabelece a capacidade de resistência aeróbica (14, 24) e de função muscular (21, 23).

O exercício de resistência de longa duração e/ou composto de sessões intermitentes de alta intensidade está associado ao desencadeamento de danos no tecido muscular. O trauma mecânico induzido pelo esforço físico dá início a uma cascata de eventos caracterizados pelo aumento progressivo de indicadores de lesão muscular, como níveis elevados de enzimas intracelulares no plasma (i.e CK e LDH). O decréscimo na produção de força é um dos marcadores indiretos mais fidedignos para a avaliação de dano muscular (61) uma vez que ela representa o desfecho funcional do conjunto de eventos inflamatórios e mecânicos que se

desenvolvem durante e após o exercício físico vigoroso. A ingestão de PTN tem sido sugerida por diversos pesquisadores como uma intervenção valiosa na atenuação dos índices de dano muscular e conseqüentemente na aceleração do processo de recuperação da função muscular do atleta (2). No entanto, evidências que sustentem o efeito da PTN adicionada na melhora da recuperação também são inconsistentes. Alguns estudos não encontraram diferenças nas concentrações séricas de CK (25, 26), no nível de dor muscular (25, 27) ou na recuperação da capacidade de resistência (62) em sujeitos suplementados com a combinação CHO+PTN. Assim sendo, essa questão também requer uma investigação mais aprofundada.

Conforme discutido anteriormente, muitos estudos são direcionados para provas de longas distâncias. Até onde sabemos, a suplementação jamais foi investigada em provas simuladas de duatlo olímpico. Da mesma forma, a literatura mostra poucos estudos que tenham simulado uma prova de triatlo olímpico (63-65). O estudo de McGawley, Shannon, Betts (2012) simulou uma prova olímpica de triatlo e analisou o efeito de uma bebida com CHO vs. PLA. Os autores concluíram que a bebida carboidratada (solução 2:1 maltodextrina/frutose em concentração de 14,4%), ingerida na sessão de ciclismo, melhora o subsequente desempenho nos 10 km de corrida em triatletas. O protocolo, cujas intensidades na natação e no ciclismo eram fixas, apresentava a corrida como um contrarrelógio. Dois minutos antes de completar cada 1/4 do ciclismo, os participantes recebiam 200 mL de uma solução contendo CHO ou bebida placebo. O tempo decorrido nos 10 km de corrida foi $4\% \pm 1,3\%$ menor na condição CHO, comparada à placebo (63).

O estudo de Millard-Stafford *et al.* (1990) não encontrou diferenças significativas no desempenho de triatletas submetidos a um protocolo simulado de triatlo olímpico e consumindo CHO (solução de 7% CHO, administrada em 2 mL/kg depois da natação, a cada 8 km ciclismo e a cada 3,2 km corrida) ou PLA. Os autores observaram uma redução de 1,4 min na corrida final para a condição CHO, no entanto, essas diferenças não se mostraram estatisticamente significativas (65).

Os demais estudos que foram conduzidos analisando os efeitos da suplementação de CHO e/ou CHO+PTN, comparados ou não a uma condição PLA foram direcionados as modalidades de forma isolada (somente ciclismo ou somente corrida). Os principais achados da literatura nesse sentido são sumarizados na Tabela 1.

Tabela 1. Comparação de estudos examinando efeito da suplementação durante exercício no desempenho e/ou recuperação muscular.

Estudo	Amostra	Protocolo	Tempo total	Estratégias dietéticas	Quantidades	Efeito desempenho	Efeito na recuperação
Millard-Stafford et al., 1990 (65)	n = 10 triatletas homens	Simulado triatlo DO, em laboratório, <i>self-selected pace</i>	~145 min	CHO vs. PLA (~375 kcal vs. 0 kcal)	9 x 150 mL = 1350 mL (CHO: ~94 g vs. PLA: água sab.)	Sem diferença entre as condições	NA
McGawley et al., 2016 (63)	n = 10 triatletas (6 homens, 4 mulheres)	Simulado triatlo DO, natação e ciclismo com intensidade controlada e em lab, corrida contrarrelógio	~135 min	CHO vs. PLA (~460 kcal vs. 0 kcal)	4 x ~200 mL = ~800 mL (CHO: ~115 g vs. PLA: água sab.)	CHO 4 ± 1,3% mais rápido que PLA	NA
Breen, Tipton, Jeukendrup, 2010 (2)	n = 12 ciclistas homens	120 min ciclismo a ~55% $VO_{2máx}$ + contrarrelógio de 60 min em lab	~180 min	CHO vs. CHO+PTN (~520 kcal vs. ~670 kcal)	8 x 270 mL = 2160 mL (CHO: 130 g vs. CHO+PTN: 130 g + 38 g)	Sem diferença entre as condições	Sem diferença entre as condições
Cermak et al., 2009 (10)	n = 8 homens ciclistas e tri/duatletas	90 min ciclismo a ~69% $VO_{2máx}$ + contrarrelógio de 20 km (24 h após) em lab	90 min + ~32 min (24 h após)	CHO vs. CHO+PTN (~360 kcal vs. ~480 kcal)	6 x 250 mL = 1500 mL (CHO: 90 g vs. CHO+PTN: 90 g + 30 g)	Sem diferença entre as condições	Sem diferença entre as condições
Highton et al., 2013 (11)	n = 9 homens atletas de esportes coletivos	Teste de corrida LIST: 4 x 15 min em intensidade controlada + 2 x 15 min <i>self-selected pace</i> , ambiente externo	~90 min	CHO vs. CHO+PTN (~420 kcal vs. ~420 kcal)	~1300 mL (CHO: ~70 g vs. CHO+PTN: ~50 g + ~18 g)	CHO+PTN melhora desempenho 2,7 ± 2,5%	NA

CHO = carboidrato; CHO+PTN = carboidrato e proteína combinados; PLA = placebo; DO = distância olímpica; $VO_{2máx}$ = consumo máximo de oxigênio; LIST = *Loughborough Intermittent Shuttle Test*; água sab = água saborizada; lab = laboratório, NA = não analisado.

Estudo	Amostra	Protocolo	Tempo total	Estratégias dietéticas	Quantidades	Efeito desempenho	Efeito na recuperação
Osterberg, Zachwieja, Smith, 2007 (13)	n = 13 ciclistas e triatletas homens	120 min ciclismo intensidade controlada + contrarrelógio (PO 7 kJ/kg)	~160 min	CHO vs. CHO+PTN vs. PLA (480 kcal vs. 725 kcal vs. 0 kcal)	2000 mL (CHO: 120 g vs. CHO+PTN: 150 g +32 g vs. água saborizada)	CHO melhor que PLA; CHO+PTN sem diferença vs. CHO ou PLA	NA
Van Essen e Gibala, 2006 (16)	n = 10 ciclistas e triatletas homens	80 km ciclismo contrarrelógio, em laboratório	~140 min	CHO vs. CHO+PTN vs. PLA (~540 kcal vs. 720 kcal vs. 0 kcal)	~9 x 250 mL = 2250 mL (CHO: ~135 g vs. CHO+PTN: ~135 g + 45 g vs. água saborizada)	CHO e CHO+PTN mais rápidos vs. PLA, sem diferença entre eles	NA
Madsen et al., 1996 (66)	n = 9 ciclistas homens	100 km ciclismo contrarrelógio, em laboratório	~160 min	CHO vs. CHO+PTN vs. PLA (~510 kcal vs. ~580 kcal vs. 0 kcal)	~2550 mL (CHO ~128 g vs. CHO+PTN: ~128 g + 18 g vs. água saborizada)	Sem diferença entre as condições	NA
Colleta, Thompson, Raynor, 2013 (67)	n = 12 corredores homens	19,2 km corrida contrarrelógio, em ambiente externo	~90 min	CHO vs CHO+CHO vs. CHO+PTN vs. PLA (145 kcal vs. 215 kcal vs. 180 kcal vs. 0 kcal)	5 x 120 mL = 600 mL (CHO: ~36 g vs. CHO+CHO: ~54 g vs. CHO+PTN: ~36 g + 8,5 g vs. água sab.)	Sem diferença entre as condições	NA
Velentine et al., 2008 (21)	n = 11 ciclistas homens	Sessão de ciclismo até a exaustão a 75% VO _{2pico}	~120 min	CHO vs. CHO+CHO vs. CHO+PTN vs. PLA	~8x 250 mL = ~2000 mL (CHO: ~135 g vs. CHO+CHO: ~190 g vs. CHO+PTN: ~155 g + 40 g vs. água sab.)	Tempo à exaustão > em CHO+CHO e CHO+PTN vs. CHO e PLA	CHO+PTN atenua dano muscular

CHO = carboidrato; CHO+CHO = suplementação com dois tipos de carboidrato associados; CHO+PTN = carboidrato e proteína combinados; PLA = placebo; PO = potência; VO_{2pico} = consumo de oxigênio de pico; água sab = água saborizada; NA = não analisado.

CAPITULO II

Efeito da Suplementação de Carboidrato Associada ou não à Proteína no Desempenho e Recuperação Muscular de Duetletas após Teste Simulado de Duetlo Olímpico

Débora Finger, Fábio J. Lanferdini, Juliano B. Farinha, Francesco P. Boeno, Clarissa M. Brusco, Eduardo L. Cadore, Alvaro Reischak-Oliveira, Ronei S. Pinto

INTRODUÇÃO

O duatlo é um esporte multidisciplinar, que combina corrida e ciclismo, e utiliza predominantemente a rota aeróbica como fonte de energia. Diante da semelhança é comumente confundido com o triatlo, embora tenha o segmento da natação substituído por um segmento de corrida (estabelecendo um padrão corre-pedala-corre). Essa alteração torna o esporte mais desgastante (40-42) uma vez que o mesmo grupo muscular (membros inferiores) é utilizado em maior volume. Atualmente, o duatlo é disputado em diferentes distâncias, embora a maioria das provas seja realizada na distância denominada *sprint*, que não requer um planejamento de suplementação durante a competição devido à sua curta duração (~1 h). Contudo, na prova denominada distância Olímpica (DO), o atleta corre 10 km, pedala 40 km e corre mais 5 km (~ 1h 45 min para atletas profissionais e 2 h para atletas amadores - tempo que torna necessária a adoção de uma estratégia de suplementação durante a prova) (49).

Esportes de resistência aeróbica tais como o duatlo, promovem expressivos gastos energéticos, associados ao relevante aumento da oxidação de CHO e lipídeos (6, 68). Consideráveis perdas de fluídos e eletrólitos podem ocorrer através da sudorese, particularmente durante o exercício prolongado no calor (69). Como resultado, pode-se observar desidratação, hiponatremia, depleção de glicogênio muscular, hipoglicemia e, conseqüentemente, prejuízos no desempenho. De fato, os principais fatores limitantes do desempenho e que estão diretamente associados com o processo de instauração de fadiga, incluem a depleção de glicogênio muscular, o desequilíbrio ácido-base (70), a reduzida concentração sérica de glicose (43) e a elevação da temperatura corporal (40, 71). Dessa forma, embora a maioria dos atletas consiga alcançar suas recomendações nutricionais antes e depois do exercício com refeições pré e pós treino baseadas na especificidade da relação atleta-treino, atividades de resistência aeróbica de longa duração (>90min) exigem

que os participantes também atendam determinadas necessidades nutricionais durante o exercício (7).

Nesse sentido, a ingestão de carboidratos (CHO) representa a estratégia nutricional mais utilizada e talvez a única com respaldo da literatura. Há algum tempo já está bem estabelecido que bebidas carboidratadas são efetivas em melhorar o desempenho de atletas de esportes aeróbicos (7). Os benefícios da suplementação de CHO são atribuídos à manutenção dos níveis de glicemia, à sua alta taxa de oxidação - ao fato de ser digerido e absorvido mais rapidamente do que proteínas (PTN) e lipídeos (17, 18, 45) - e potencialmente à capacidade de influenciar a depleção de glicogênio e a fadiga central. Recomendações clássicas e atuais sugerem que os atletas consumam bebidas com 30-60 g/h de CHO, em diluição de 6-8% e em intervalos regulares durante o exercício (5, 7, 43, 49, 72-74).

Recentemente, alguns estudos têm examinado a eficácia ergogênica da adição de PTN a uma tradicional bebida carboidratada, em uma proporção 4:1. Tais estudos reportam que essa associação pode promover uma resposta aumentada à insulina, uma subsequente mudança na utilização de glicogênio muscular, alterações na fadiga central e uma melhor biodisponibilidade de fluídos e substratos (1, 11). Outros estudos já demonstraram que a co-ingestão de CHO+PTN, quando comparada com CHO isolado, pode prolongar a relação tempo-exaustão na faixa de 13 - 36% (12, 14, 15). No entanto, as diferenças metodológicas existentes tornam difícil de discernir se os benefícios observados são um resultado da PTN *per se* ou de outros fatores. Comparações diretas entre os resultados são dificultadas principalmente pelo modo como o desempenho é avaliado. A maioria dos estudos utiliza protocolos de tempo até a exaustão, que além de representarem baixa validade ecológica, possuem uma alta variação (~26%) entre um teste e outro (29). Poucos trabalhos são realizados com protocolos do tipo contrarrelógio – mais ecológicos e também considerados altamente reprodutíveis (29). Além disso, ao comparar a suplementação de CHO vs. CHO+PTN, muitos estudos não equalizam o valor energético total. Comparar duas suplementações não isocalóricas é certamente uma limitação metodológica expressiva. Resultados conflitantes também são relacionados ao fato dos estudos utilizarem uma dose diferente de CHO, dentro da faixa recomendada de 30 - 60 g/h. Por fim, o controle ou não de variáveis externas também varia muito entre os estudos. O conhecimento de parâmetros como: tempo decorrido, distância percorrida e frequência cardíaca (FC) durante o

exercício podem comprometer o cegamento dos tratamentos, criando um efeito placebo.

Juntamente com essas considerações metodológicas, há de ser chamar atenção ao fato de que o mecanismo fisiológico que explica a adição de PTN à bebida com CHO é considerado contraditório (13). Durante o exercício, os principais nutrientes utilizados como fonte de energia são os CHO e os lipídeos, sendo que a PTN parece contribuir muito pouco para a demanda energética total (17, 18, 75). Entretanto, tem sido sugerido que alguns outros fatores associados ao macronutriente poderiam impactar o desempenho durante o exercício prolongado, entre eles o fato de que em um estado de depleção de glicogênio, a PTN poderia alterar o substrato utilizado, compensando o declínio de intermediários do Ciclo de Krebs e postergando o início da fadiga central. Apesar das hipóteses referidas, o mais recente “*Position Statement*” (74) nada comenta sobre a ingestão combinada de CHO+PTN na melhora do desempenho final dos atletas de resistência aeróbica, mas discorre sobre as possíveis vantagens na recuperação muscular.

De fato, a suplementação proteica tem sido sugerida por diversos pesquisadores como uma intervenção valiosa na atenuação dos índices de dano muscular causado pelo exercício (1, 14, 15, 21, 23, 24). Alguns estudos já demonstraram que a adição de PTN à bebida com CHO é capaz de acelerar o processo de recuperação, no entanto, outros estudos não conseguiram encontrar esses benefícios. Em recente revisão sobre o tema, Van Loon (2014) conclui que a co-ingestão de CHO+PTN não melhora o desempenho quando comparada com a ingestão de CHO isolado, mas a estratégia pode ser válida objetivando a melhora do condicionamento físico do atleta (30). A redução na concentração plasmática de marcadores bioquímicos de dano muscular como creatina quinase (CK) (1, 14, 15, 21, 23, 27, 28, 76) e lactato desidrogenase (LDH) (15, 28) foi relatada em alguns estudos. Além das concentrações desses marcadores, muitos estudos sugerem que a PTN poderia atenuar taxas de dor muscular (15, 23, 27, 28). Porém, os resultados são conflitantes e há estudos que não encontram diferenças significativas no aumento de CK (25, 26), dor muscular (25, 27) e recuperação da capacidade de resistência aeróbica (62) com a suplementação de CHO+PTN.

Devido a esses resultados conflitantes, mais estudos estão sendo desenvolvidos a fim de melhor conhecer os benefícios da co-ingestão de CHO+PTN. Em contraste com o elevado número de estudos que investigaram

estratégias de suplementação no triatlo e, principalmente, em cada uma das modalidades de forma separada (ciclismo e corrida), pouco tem sido investigado sobre o duatlo. Não foram encontrados outros estudos analisando manobras dietéticas durante provas de duatlo, DO. Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo comparar o efeito de três diferentes estratégias nutricionais de suplementação (CHO vs. CHO+PTN vs. PLA), durante um teste simulado de duatlo (TSD) olímpico, no desempenho e recuperação muscular de duatletas amadores.

MÉTODOS

Amostra

Treze duatletas amadores do sexo masculino (média \pm desvio padrão: idade $29,7 \pm 7,7$ anos, massa corporal $73,1 \pm 7,5$ kg) participaram voluntariamente deste estudo. As demais características dos participantes encontram-se na Tabela 2. Foram recrutados atletas envolvidos em uma rotina de treinamento regular, que possuíam experiência de pelo menos dois anos no esporte e participavam regularmente de competições de duatlo ou triatlo, distâncias *sprint* ou olímpica. Foram excluídos os atletas que apresentaram lesões músculo-esqueléticas previamente ou durante os testes que os impedissem de finalizar os protocolos do estudo. O volume médio semanal de treino dos atletas incluídos na amostra foi de ~38 km corrida, ~208 km ciclismo, ~9 km natação e ~2 h treino funcional.

Todos os sujeitos foram informados e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O protocolo do estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), sob nº 1.320.276.

Tabela 2. Caracterização da amostra (n=13)

	Atletas (n = 13)
Idade (anos)	29,7 ± 7,7
Massa Corporal (kg)	73,1 ± 7,5
Estatura (m)	1,78 ± 0,1
IMC (kg/m²)	23,1 ± 1,4
Gordura (%)	7,9 ± 2,5
VO_{2máx} Esteira (mL/kg/min)	62,2 ± 5,4
Velocidade Máxima Esteira (km/h)	19,7 ± 0,9
VO_{2máx} Cicloergômetro (mL/kg/min)	61,9 ± 5,2
PO_{máx} (watts)	376,5 ± 28

IMC = Índice Massa Corporal; VO_{2máx} = Consumo Máximo de Oxigênio; PO_{máx} = Potência Máxima, obtida em teste incremental em cicloergômetro. Dobras cutâneas utilizadas para cálculo de percentual de gordura: tricipital, subescapular, axilar, peitoral, supra-ílica, abdominal, coxa - protocolo de 7 dobras de Pollock e col., 1984. Dados expressos em média ± desvio padrão.

Desenho Experimental

O presente estudo é caracterizado como um ensaio clínico, cruzado, randomizado e duplo-cego. Os participantes compareceram ao Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em um total de sete visitas: um dia de testes preliminares, três dias de testes simulados de duatlo (TSD) e três dias de avaliações pós-24 h (AP24h).

Na primeira visita foram aferidos massa corporal e estatura em balança e estadiômetro modelo OS-180, da marca Urano (Canoas/Brasil) e dobras cutâneas, utilizando-se um plicômetro modelo Innovare, da marca Cescorf (Porto Alegre/Brasil). Logo após, foram realizados os testes preliminares que consistiam em: (1) teste de torque máximo isométrico; (2) teste incremental em cicloergômetro e (3) teste incremental em esteira. Após um intervalo mínimo de 72 horas, os atletas estavam aptos a iniciar seus protocolos de TSD. Para posterior análise de dano muscular, avaliações de torque máximo isométrico e coleta de sangue foram realizadas novamente 24 h após cada TSD.

O desenho experimental do estudo está demonstrado na Figura 2.

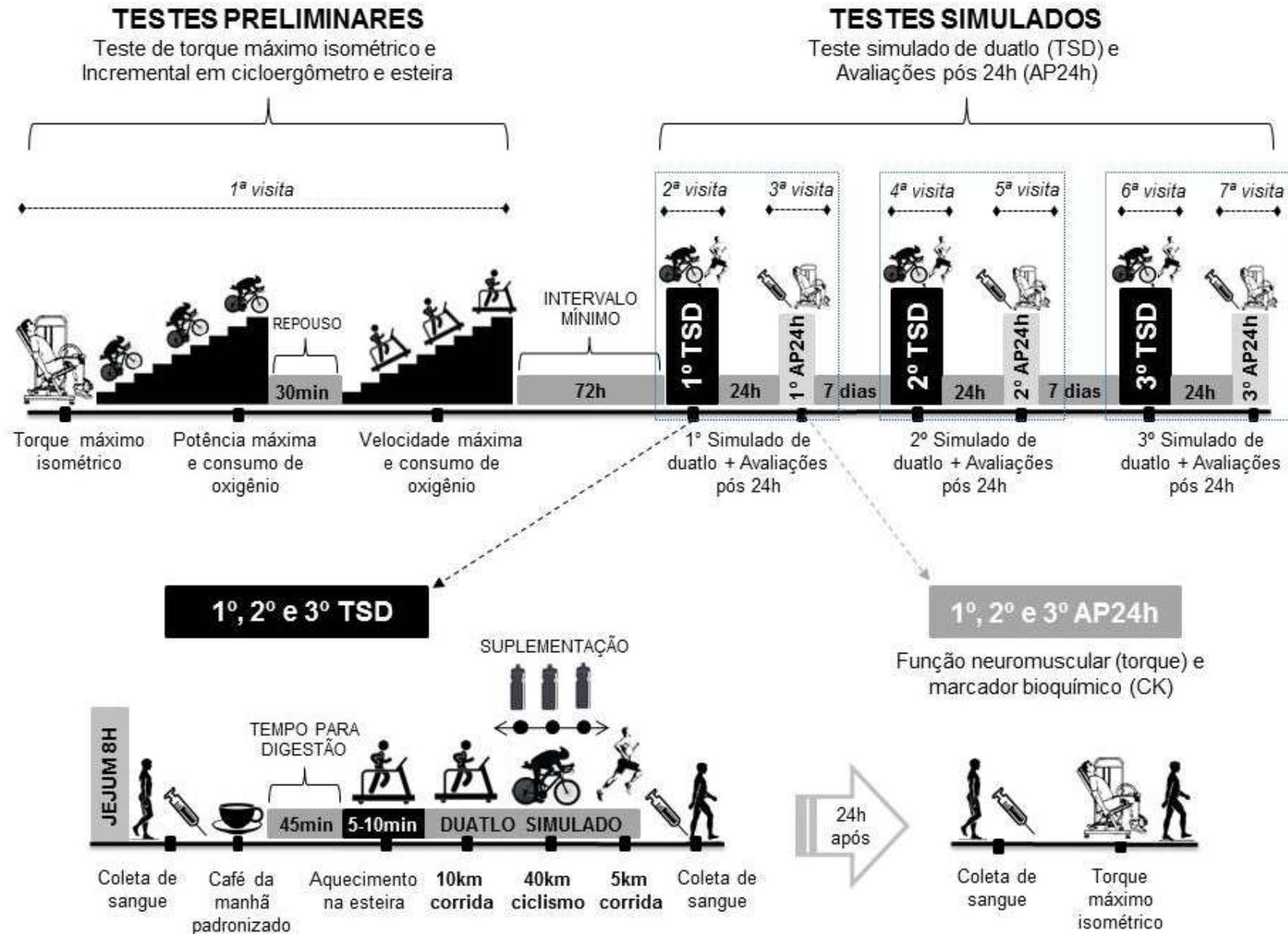


Figura 2. Desenho experimental do estudo.

Testes Preliminares

Teste de Torque Máximo Isométrico

Após breve familiarização, o torque máximo isométrico dos músculos extensores de joelho no membro dominante foi coletado em dinamômetro isocinético (Cybex Norm, Ronkonkoma/EUA). Foram realizadas três tentativas no ângulo de 60° (0° = joelho em extensão completa) com um período de recuperação de 120 s entre as tentativas. O valor de pico de torque (PT) isométrico usado para as análises foi o maior valor das três tentativas, determinado através do software do equipamento.

Teste Incremental em Cicloergômetro

Logo após a mensuração do PT, um teste incremental em cicloergômetro (Lode Excalibur, Groningen/Holanda) foi conduzido para avaliação do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) e potência máxima ($PO_{máx}$) de cada atleta. Após o ajuste dos componentes da bicicleta às dimensões corporais do atleta, foi realizada uma breve familiarização deste com o equipamento de avaliação. O $VO_{2máx}$ foi determinado através de um sistema de ergoespirometria de circuito aberto por analisador de gases (modelo CPX/D, Medical Graphics Corp., St Louis/EUA). Os atletas aqueceram durante 10 min em potência constante de 100 watts (W). O teste iniciou em 150 W, com subsequentes incrementos de 5 W a cada 15 s (77). Os atletas foram instruídos a manter uma cadência média entre 90-100 rotações por minuto (rpm) e verbalmente estimulados para que realizassem esforço máximo durante o teste. Uma cinta cardíaca foi posicionada para monitorar continuamente a frequência cardíaca (FC) dos participantes (S610, Polar Electro Oy, Kempele/Finlândia). O teste teve uma duração média de $11,3 \pm 1,4$ minutos e foi encerrado na incapacidade em manter a cadência de pedalada acima de 70 rpm ou por interrupção voluntária do atleta. Os resultados do teste serviram para determinar a carga de trabalho (potência) da sessão de ciclismo nos três dias de TSD.

Teste Incremental em Esteira

Após um intervalo de repouso de 30 min, os atletas realizaram o último teste do dia. O teste incremental de corrida foi realizado em esteira ergométrica da marca Quinton Instruments (Seattle/EUA), iniciado com uma velocidade de 8 km/h e com incrementos de 1 km/h a cada minuto. A mesma cinta cardíaca usada no teste do cicloergômetro foi usada para monitorar continuamente a FC dos participantes. Seguindo as recomendações do American College of Sports Medicine (ACSM), o teste teve uma duração média de $11,7 \pm 0,9$ min e foi encerrado sempre que os participantes atingissem dois ou mais dos seguintes critérios: (a) Platô no consumo de oxigênio mesmo com aumento da carga; (b) Frequência cardíaca \geq predita para idade; (c) Valor de taxa de troca respiratória $> 1,15$; ou quando o participante voluntariamente interrompesse o teste (78).

O $VO_{2m\acute{a}x}$, utilizado apenas para caracterização da amostra, foi considerado em ambos os testes incrementais (cicloergômetro e esteira), como a intensidade mínima em que os valores de VO_2 atingissem um platô. Um platô foi considerado como uma variação inferior a 1,5 mL/kg/min por pelo menos 30s, mesmo com incrementos subsequentes da intensidade do exercício (79).

Os atletas então receberam o formulário de registro alimentar e foram instruídos a registrar toda alimentação das 24 h prévias ao primeiro TSD e trazer essas informações no dia em que este fosse realizado.

Testes Simulados de Duetlo Distância Olímpica

Três testes simulados de duatlo, distância olímpica, foram realizados pelos participantes. Os atletas chegaram ao laboratório em jejum de 8 h e primeiramente realizaram coleta de sangue. Logo após, receberam um café da manhã padronizado. Aguardaram-se 45 min para a devida digestão, e durante esse período, os sujeitos foram indagados pelo pesquisador responsável acerca da alimentação e do treinamento realizados no dia anterior. Os simulados foram executados no mesmo horário (para evitar variância do ciclo circadiano); no mesmo dia da semana, mantendo um intervalo mínimo de 7 dias (para evitar variância de intensidade de treinamento prévio e posterior); e em situações climáticas similares.

Respeitando as distâncias do formato olímpico, os TSD foram compostos de 10 km de corrida em esteira, 40 km de ciclismo em um cicloergômetro (estrategicamente disposto próximo à esteira) e 5 km de corrida. Essa corrida final, realizada fora do ambiente laboratorial, nas dependências do campus da ESEFID/UFRGS, garantiu uma boa validade ecológica, pois reflete as condições reais da corrida, em uma situação de prova. Assim sendo, a primeira sessão de corrida e o ciclismo tinham intensidade controlada e aconteciam em laboratório com temperatura mantida entre 18 - 20°C e a última corrida, realizada ao ar livre, foi tratada como um contrarrelógio, ou seja, o tempo despendido pelo atleta para correr os 5 km (t_{5km}) representou a medida de desempenho do presente estudo.

Os TSD iniciaram com um aquecimento de ~10 min na esteira. A velocidade foi escolhida pelo participante e repetida nos TSD subsequentes. O simulado iniciava com 10 km de corrida a uma intensidade de 75% da velocidade máxima atingida pelo atleta no teste incremental em esteira. Um período de até 3 min de transição era aceito antes de iniciar a sessão de ciclismo (80). Esse tempo foi anotado e repetido nos próximos TSD.

Para a sessão de ciclismo do simulado, diversas relações de intensidade/tempo/distância foram testadas em testes pilotos prévios buscando-se encontrar intensidades executáveis e que reproduzissem a realidade de provas da modalidade. Assim sendo, os 40 km de ciclismo foram divididos em três períodos de 13,3 km cada com intensidades a 60, 55 e 50% da $PO_{máx}$, respectivamente (adaptado de Bernard *et al.* 2009) (81). Ao longo da sessão de ciclismo, um dos três tipos de suplementação foi administrado. Após concluírem os 40 km de ciclismo, os participantes poderiam usar até 3 min de transição, antes de iniciar a corrida final. Esse tempo individual de transição também foi anotado e repetido nos outros simulados. Na corrida final os atletas foram encorajados a completarem a distância total no menor tempo possível. Relógios com GPS (*Global Positioning System*) da marca Garmim (Chicago/Estados Unidos) foram utilizados pelos participantes para delimitar os 5 km da corrida (aproximadamente quatro voltas no campus – cada volta 1,25 km) e para registrar o t_{5km} . Detalhes na Figura 3.

Os sujeitos receberam água *ad libitum* durante todo simulado, mas a ingestão total de cada participante não foi controlada. Imediatamente após o TSD, uma nova coleta de sangue era realizada, e os sujeitos, liberados.



Figura 3. Imagem aérea do Campus da ESEFID/UFRGS. O prédio do laboratório onde foram realizadas a corrida inicial (10 km) e a sessão ciclismo (40 km) do TSD encontra-se circulado. A área tracejada mostra o circuito da corrida final (atletas percorriam 4 voltas de 1,25 km cada).

Avaliações pós-24 h

Após 24 h, os atletas retornavam ao laboratório para realizar coletas de sangue e novo teste de torque isométrico máximo dos músculos extensores do joelho, procedimentos semelhantes aos adotados anteriormente (pág 37). Durante as 24 h, os sujeitos foram instruídos a não realizar nenhum tipo de exercício físico e a repetir a ingestão dos alimentos que haviam sido ingeridos no dia anterior.

Controle Dietético Prévio

Os participantes foram estimulados a manter uma alimentação padrão durante o período do estudo para evitar um possível viés nutricional envolvendo uma compensação energética ou proporcional de

macro/micronutrientes. No dia dos testes preliminares (primeira visita), os atletas receberam instruções pertinentes ao preenchimento do registro alimentar, que envolvia o registro de todas as bebidas e alimentos consumidos na véspera do primeiro TSD. Os indivíduos foram instruídos a evitar o consumo de alimentos atípicos nesse dia. As refeições deviam ser descritas do modo mais detalhado possível, seguindo modelo impresso entregue aos participantes (Anexo 1) e com informações do tipo de alimento consumido, horário, quantidades em medidas caseiras e/ou gramagem, e marca do produto.

No dia do primeiro TSD (segunda visita) os participantes entregaram o seu registro alimentar à nutricionista pesquisadora, que conferiu cada item/quantidade juntamente ao atleta. Cada sujeito foi instruído a repetir a alimentação realizada e descrita no registro no dia anterior aos outros dois TSD e também no decorrer do dia de cada TSD. Foram igualmente instruídos a não consumir álcool nesses dias específicos. Os dados foram posteriormente calculados e analisados com o auxílio do software AvaNutri, versão *on-line*.

Refeição Pré-TSD

Nos dias de cada TSD e, após ter sido realizada a coleta de sangue, os atletas receberam um café da manhã padrão. Essa padronização da refeição pré-simulado assegurou uma ingestão de mesmo aporte energético e mesma proporção de macronutrientes em cada um dos três TSD. A refeição foi calculada levando em consideração a recomendação padrão da nutrição clínica para refeição pré-exercício: 1,5 g/kg peso de CHO (43). Cada participante recebeu duas bananas, que juntas pesavam cerca de 200 g e continham ~50 g de CHO. O restante da gramagem (até completar a quantidade referente a 1,5 g/kg peso) foi ofertada com maltodextrina, diluída em água (10%). Após 45 min do término da ingestão do café da manhã, o TSD era iniciado.

Protocolo de Suplementação

A ordem das suplementações administradas foram randomizadas e compreendiam: (1) CHO: 75 g de maltodextrina, *Body Action* (gramagem necessária para equalizar o valor energético da suplementação associada de CHO+PTN); (2) CHO+PTN: uma solução de 75 g de CarbPro 4:1 Recovery,

Essential Nutrition (totalizando 300 kcal; 60,5 g de CHO e 14,5 g de PTN); (3) PLA: suco em pó *Clight* (0 kcal). Todas as suplementações foram diluídas em água no dia do teste. O protocolo envolveu, portanto, duas suplementações que ofertaram aporte energético/nutrientes (CHO e CHO+PTN) e que serão, portanto chamadas de suplementações energéticas ao longo do texto; e uma suplementação sem aporte energético considerável (PLA). Aos atletas da amostra, foi informado apenas que o estudo visava investigar a influência de três diferentes tipos de suplementação no desempenho final do simulado. Os detalhes de cada tipo de suplementação são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Detalhes das suplementações utilizadas no estudo.

	CHO	CHO+PTN	PLA
Produto	Maltodextrina <i>Body Action</i>	CarbPro 4:1 <i>Recovery, Essential Nutrition</i>	Refresco em pó <i>Clight</i>
Sabor	Açaí	Limão	Laranja
Dose Total Administrada (g)	75	75	7
Energia (kcal)	300	300	0
Carboidrato (g)	75	60,5	0
Proteína (g)	0	14,5	0
Sódio (mg)	0	26,2	36
Ingredientes	Maltodextrina, dextrose, acidulante ácido cítrico, aroma idêntico ao natural de açaí, corante.	Dextrose, maltodextrina, proteína isolada do soro do leite, isomaltulose, colágeno hidrolisado, waxy maize, d-ribose, mix de vitaminas e minerais, acidulante ácido cítrico, aromatizante idêntico ao natural de limão, antiemectantes trifosfato de cálcio e dióxido de silício, corante natural clirofilina.	Maltodextrina, polpa de laranja desidratada, acidulante ácido cítrico, antiemectante fosfato tricálcico, edulcorantes, corante inorgânico dióxido de titânio, aromatizante sintético idêntico ao natural, espessantes, regulador de acidez citrato de sódio, corantes artificiais: tartrazina e amarelo crepúsculo FCF e corante caramelo IV.

CHO = suplementação com carboidrato somente; PLA = suplementação placebo; CHO+PTN = suplementação associada de carboidrato + proteína.

As três suplementações continham o mesmo volume total (450 mL), dividido em três doses de 150 mL, e eram administradas em caramanholas não-transparentes nos km 5, 20 e 35 da sessão ciclismo do protocolo. O sabor

diferia em cada suplemento utilizado. Breen *et al.* (2010) mostraram em seu estudo e em prévio estudo piloto que quando o sabor da suplementação era o mesmo, os sujeitos conseguiam identificar mais facilmente a composição da bebida (2). De fato, o sabor da PTN é difícil de ser mascarado. Tentou-se minimizar essa chance de viés, utilizando sabores diferentes que dificultassem a comparação. A bebida carboidratada (maltodextrina) apresentava-se em uma concentração de 16,6%. Já a suplementação CHO+PTN, continha uma concentração de CHO de 13,4%. Embora a recomendação clássica seja de uma diluição de 6 - 8% (7), os autores McGawley; Shannon; Betts (2012) usaram em seu estudo a concentração de 14,4% e não tiveram relato de desconforto gastrointestinal pelos participantes. Os autores sugeriram, inclusive, que altas concentrações de CHO poderiam ser benéficas aos atletas de alto rendimento do triatlo e duatlo, uma vez que se reduz o volume de líquidos administrado (63). A suplementação foi limitada à sessão de ciclismo, pois esta tem sido reconhecida como a melhor oportunidade para se alimentar durante eventos de triatlo e duatlo olímpico (46).

A randomização da suplementação foi realizada por computador, em blocos, em um *website* especializado (randomization.com). Foram três blocos com seis sequências possíveis de permutação entre as três variáveis. Dessa forma, a randomização se deu de forma controlada e proporcional, a fim de obter um equilíbrio entre as opções de suplementação em cada TSD para cada sujeito e assim, os possíveis vieses relacionados à familiarização/sequência dessas condições foram minimizados.

Amostras Sanguíneas e Análises

Amostras de sangue foram coletadas de uma veia da região antecubital, por um profissional capacitado. Foram coletados 10 mL de sangue imediatamente antes, imediatamente depois e também 24 horas após cada um dos três TSD, a fim de avaliar o efeito das sessões de exercício e das suplementações administradas sobre os marcadores sanguíneos. Após a coleta, o sangue foi colocado em tubo contendo EDTA e a amostra, centrifugada em uma velocidade de 3500 rpm à 4°C durante 10 min. O sobrenadante foi então armazenado em um congelador a -80°C para as futuras

análises. A atividade da enzima CK e as concentrações de glicose foram mensuradas em um analisador automático (Cobas C111, Roche, Basel/Suíça) utilizando-se kits comercialmente disponíveis (Roche Diagnostics, Basel/Suíça) e através de procedimentos descritos pelo próprio fabricante.

Análise Estatística

A normalidade e a esfericidade dos dados foram avaliadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Mauchly, respectivamente. O fator de correção Epsilon de Greenhouse-Geisser foi utilizado para dados não esféricos. Os dados foram então apresentados como média \pm desvio padrão. O teste ANOVA para medidas repetidas, seguido de um teste *post hoc* LSD, foi utilizado para a comparação do t_{5km} entre as condições (CHO vs. CHO+PTN vs. PLA). Além disso, o teste ANOVA para medidas repetidas de dois fatores, seguido de um teste *post hoc* LSD, foi utilizado para a comparação das seguintes variáveis (Torque = Pré e Pós-24 h; CK = Pré, Pós, Pós-24 h; Glicose = Pré e Pós) entre cada uma das condições (CHO vs. CHO+PTN vs. PLA). Utilizou-se o cálculo do tamanho de efeito (TE) para todas as variáveis, assumindo valores de 0,2; 0,5; >0,8 para efeitos baixo, moderado e alto, respectivamente (Cohen, 1982). Todas as análises foram realizadas utilizando o pacote estatístico SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*, Chicago/ EUA) versão 20.0, e um nível de significância de $\alpha = 0,05$ foi adotado.

RESULTADOS

Aspectos Nutricionais

A refeição pré-TSD que foi oferecida a todos os atletas apresentou ~450 kcal (levando em consideração a massa corporal média dos participantes) e não diferiu ao longo das três condições. Os parâmetros nutricionais dessa refeição, tendo como base a massa corporal média dos participantes (73,1 kg), são exemplificados na Tabela 4. Para oferecer 1,5 g/kg peso de CHO seriam necessários, neste caso, ~110 g de CHO ($73,1 \times 1,5 = 109,65$ g). Nesse exemplo, se duas bananas médias sem casca pesassem 200 g (o que representaria ~52 g de CHO) seria necessário adicionar mais 58 g de CHO, oferecidos em forma de maltodextrina diluída em água.

Tabela 4. Parâmetros nutricionais da refeição pré-TSD.

Alimento	Quantidade (g)	CHO (g)	VET (kcal)
Banana prata	200	52	216
Maltodextrina	58	58	232
Refeição completa (1,5 g/kg massa corporal)		110	448

CHO = carboidrato; VET = valor energético total.

A Tabela 5 apresenta os dados referentes ao padrão alimentar dos atletas, obtidos a partir do registro alimentar entregue no dia do primeiro TSD. A análise revelou um VET de ~3100 kcal diárias e uma distribuição de macronutrientes de ~50,2% CHO, 28,6% LIP e 21,3% PTN.

Tabela 5. Parâmetros nutricionais dos registros alimentares.

	Carboidratos	Lipídeos	Proteínas
% VET	50,2 ± 6,5	28,6 ± 6,9	21,3 ± 4,7
g	386,7 ± 105,2	98,3 ± 34,8	168,7 ± 66,6
g/kg	5,3 ± 1,4	1,3 ± 0,5	2,3 ± 0,9
VET (kcal)	3105,1 ± 813,2		

VET = valor energético total. Dados expressos em média ± desvio padrão.

Quando indagados quanto à ordem da suplementação que haviam recebido ao longo do estudo apenas dois dos treze sujeitos (~15% da amostra) souberam a identificar corretamente. A maioria dos participantes informou não ser possível identificar qual tipo de suplementação havia recebido a cada TSD.

Desempenho

Quinze sujeitos foram selecionados para compor a amostra e houve uma perda amostral de 13% (2 sujeitos). Um atleta abandonou o estudo por lesão músculo-esquelética e outro se mudou para outro país durante o período

de coletas. A temperatura externa não apresentou diferenças significativas ao longo das três condições: CHO ($22 \pm 7^\circ\text{C}$) vs. CHO+PTN ($18 \pm 7^\circ\text{C}$) vs. PLA ($21 \pm 6^\circ\text{C}$); $p = 0,26$; $TE \leq 0,5$. Os atletas ($n = 13$) completaram as distâncias totais do duatlo olímpico em $\sim 1\text{h } 51\text{min}$. A Tabela 6 mostra os detalhes gerais de cada segmento dos TSD.

Tabela 6. Detalhes gerais de cada segmento dos TSD ($n=13$).

Segmento	Características	
CORRIDA (esteira)	Velocidade (km/h) 10 km corrida	$14,8 \pm 0,7$
	Tempo (min) 10 km corrida	$40,8 \pm 2,1$
	T1 (min)	$2,5 \pm 0,5$
CICLISMO (cicloergômetro)	PO (W) 0 – 13,3 km	$225,9 \pm 16,8$
	PO (W) 13,4 – 26,6 km	$207,3 \pm 15,5$
	PO (W) 26,7 – 40 km	$188,4 \pm 14,1$
	Tempo (min) 40 km ciclismo	$49,1 \pm 4,2$
	T2 (min)	$2,2 \pm 0,8$
CORRIDA	$t_{5\text{km}}$ (min)	$21,2 \pm 2,1$

T1 = Transição Corrida Inicial - Ciclismo; T2 = Transição Ciclismo – Segunda Corrida; PO = Potência, em cicloergômetro; $t_{5\text{km}}$ = Tempo decorrido para percorrer os 5 km finais de corrida. Dados expressos em média \pm desvio padrão.

Os resultados do presente estudo ($n = 13$) demonstraram que não houve diferenças significativas ($p = 0,87$; $TE \leq 0,1$) no desempenho ($t_{5\text{km}}$) entre as condições CHO ($1270,3 \pm 130,5$ s) vs. CHO+PTN ($1267,2 \pm 138,9$ s) vs. PLA ($1275,4 \pm 120$ s). A Figura 4, gráfico C, demonstra a média \pm desvio padrão dos valores individuais de desempenho ($t_{5\text{km}}$) nas três diferentes condições.

Na mesma Figura 4, os gráficos A e B ilustram o comportamento individual dos atletas em cada tipo de suplementação energética utilizada (CHO e CHO+PTN), bem como na condição PLA. Interessantemente, os atletas destacados (4, 8, 10, 13) tiveram o melhor desempenho na condição PLA, ou seja, sem uso da suplementação energética (CHO ou CHO+PTN).

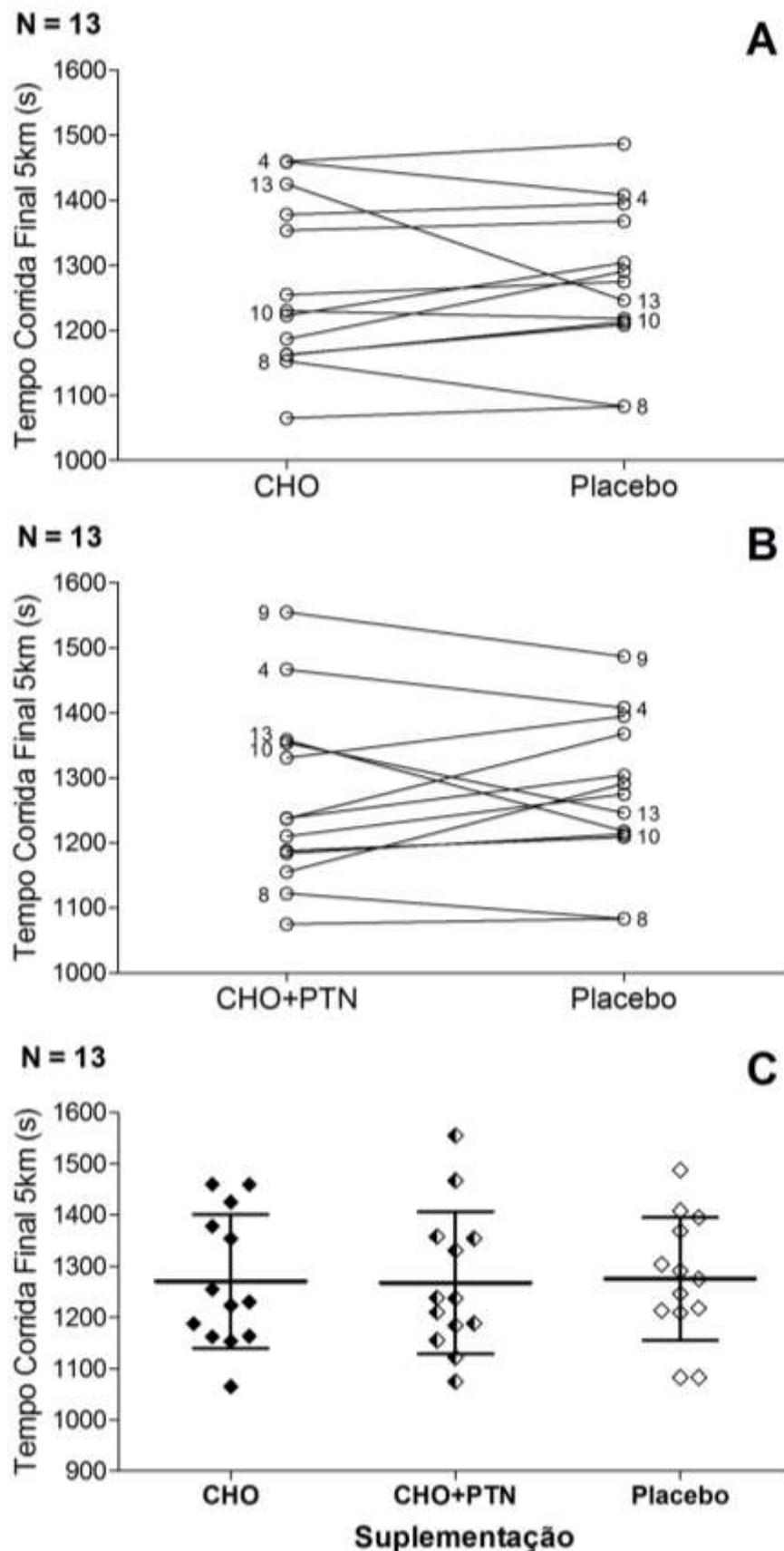


Figura 4. (A) e (B) Valores individuais, em segundos, de desempenho entre CHO vs. PLA e CHO+PTN vs. PLA, respectivamente; (C) Valores, em segundos (média \pm desvio padrão), relativos ao desempenho nos 5 km finais de corrida (t_{5km}) durante o TSD para as seguintes condições CHO vs. CHO+PTN vs. PLA ($p > 0,05$; $TE \leq 0,1$). Dados expressos em média e desvio padrão; $n = 13$.

Embora não tenha havido diferença significativa no t_{5km} entre as condições ($p = 0,87$; $TE \leq 0,1$), a análise do comportamento individual dos atletas nos permite identificar nove sujeitos (69,2% da amostra) que melhoraram seu desempenho com ambos os tipos de suplementações energéticas (CHO e CHO+PTN), e outros quatro que responderam negativamente a ambas. Analisando os resultados apenas dos sujeitos “responsivos”, observa-se um t_{5km} médio de $1249,7 \pm 125,3$ s para a condição CHO ($TE = 0,35$); $1241,4 \pm 136,3$ s para a condição CHO+PTN ($TE = 0,39$); e $1291,7 \pm 118,1$ s para a condição PLA. Assim sendo, a média de redução no t_{5km} para esses sujeitos tidos como “responsivos” foi de 42 s para a condição CHO e 50,3 s para a condição CHO+PTN, ambos comparados à condição PLA.

Marcadores de Dano Muscular

Pico de Torque Isométrico

Os resultados de PT isométrico não demonstraram alterações significativas ($p = 0,24$) entre as condições basal ($302,2 \pm 52,8$ N.m) vs. pós-24h CHO ($300,1 \pm 41,4$ N.m; $TE = 0,04$) vs. pós-24h CHO+PTN ($292,2 \pm 49,4$ N.m, $TE = 0,19$) vs. pós-24h PLA ($282,1 \pm 43,1$ N.m, $TE = 0,41$); Figura 5.

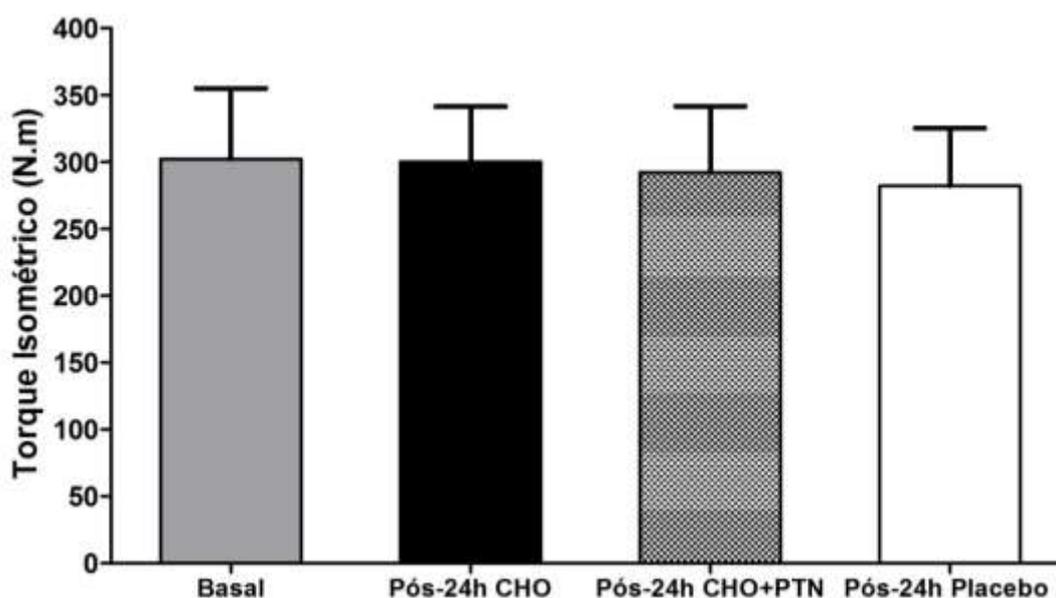


Figura 5. Resultados de pico de torque isométrico entre as condições basal vs. pós-24h CHO vs. pós-24 h CHO+PTN vs. pós-24 h PLA ($p = 0,24$; $TE \leq 0,41$). Dados expressos em média e desvio padrão; $n = 13$.

Concentrações de CK

Foi observado um aumento significativo nas concentrações plasmáticas de CK imediatamente após o TSD para todas as condições: CHO (53%; $p < 0,01$; TE = 0,30); CHO+PTN (38%; $p < 0,01$; TE = 0,43) e PLA (69%; $p < 0,01$; TE = 0,59). Similarmente, na comparação pré vs. pós-24 h, também foi encontrado aumento significativo das concentrações de CK para todas as condições: CHO (300%; $p < 0,01$; TE = 0,93); CHO+PTN (82%; $p < 0,01$; TE = 0,73) e PLA (190%; $p = 0,01$; TE = 1,04). Contudo, somente a condição CHO apresentou aumento da concentração de CK na comparação entre imediatamente após vs. pós-24 h (139%; $p = 0,02$; TE = 0,67); Figura 6.

Não foram encontradas diferenças significativas entre as três diferentes condições (CHO vs. CHO+PTN vs. PLA) nos diferentes momentos - pré, imediatamente após e pós-24 h ($p = 0,32$; TE $\leq 0,75$); Figura 6.

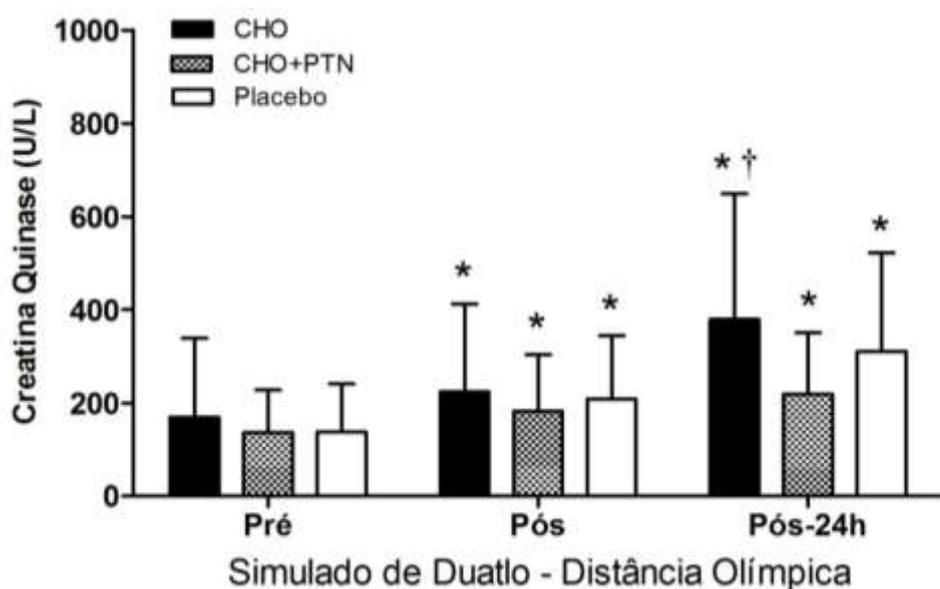


Figura 6. Resultados de concentrações plasmáticas de CK nos momentos pré TSD, imediatamente pós TSD e 24 h após TSD. * = diferença significativa com relação à situação pré-simulado ($p \leq 0,01$; TE = 0,3 – 1,04); † = diferença significativa com relação à situação imediatamente após ($p = 0,02$; TE = 0,67). Dados expressos em média e desvio padrão; $n = 13$.

Glicemia

Os resultados de glicemia demonstraram que houve aumento significativo das concentrações séricas de glicose imediatamente após o TSD para as condições CHO (24%; $p = 0,01$; TE = 1,02) e CHO+PTN (29%; $p <$

0,01; TE = 1,48), sem alterações para a condição PLA (5%; $p = 0,35$; TE = 0,34); Figura 7.

Não foram encontradas diferenças significativas entre as três diferentes condições no momento pré TSD ($p = 0,12$; TE $\leq 0,57$). Contudo, as condições CHO (22%; $p = 0,01$; TE = 0,86) e CHO+PTN (18%; $p = 0,01$; TE = 0,85) apresentaram maior glicemia no momento imediatamente após quando comparados a condição PLA (Figura 7).

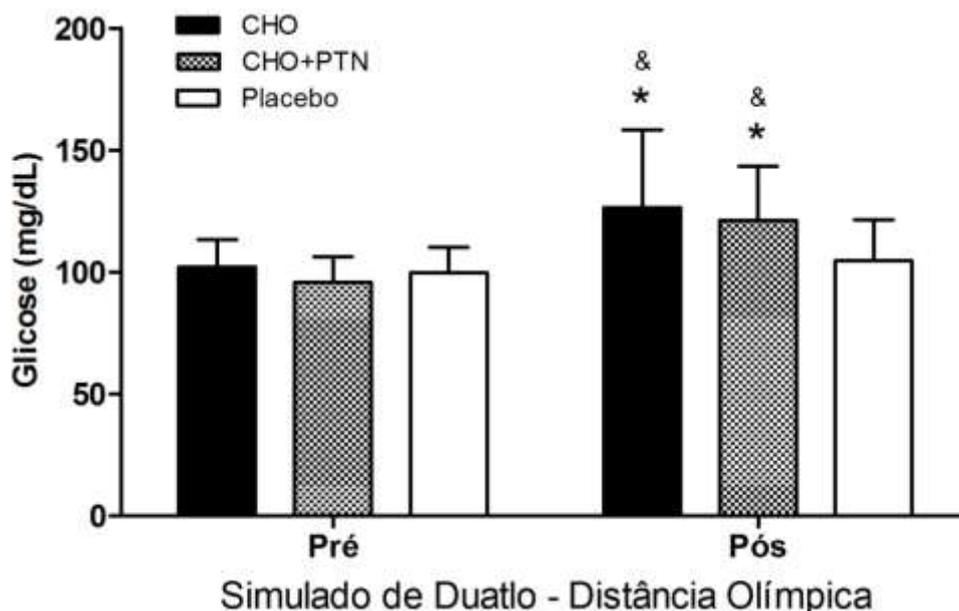


Figura 7. Resultados de concentrações plasmáticas de glicose. * = diferença significativa com relação à situação pré-simulado ($p \leq 0,01$; TE $> 0,8$); & = diferença significativa com relação à condição placebo no momento imediatamente após ($p = 0,01$; TE $> 0,8$). Dados expressos em média e desvio padrão; $n = 13$.

DISCUSSÃO

O presente estudo é, para nosso conhecimento, o primeiro a simular uma prova de duatlo olímpico e investigar a influência da suplementação CHO vs. CHO+PTN vs. PLA no desempenho e nos índices de recuperação muscular de duatletas amadores. As estratégias de suplementação com CHO e CHO+PTN não se mostraram mais eficazes do que a bebida placebo no desempenho da corrida final do protocolo de duatlo. Ambas as suplementações energéticas também não se mostraram melhores do que a suplementação placebo na atenuação do dano muscular causado pelo exercício, uma vez que os valores de torque máximo isométrico e as concentrações plasmáticas de CK (marcador bioquímico de dano) não apresentaram diferenças estatísticas entre

as condições (CHO vs. CHO+PTN vs. PLA) no momento pós-24 h. De fato, para esse protocolo e nessas condições específicas (principalmente em situações em que uma refeição pré-prova é ofertada com 1,5 g/kg CHO) as suplementações de CHO e CHO+PTN são incapazes de mostrar benefícios ergogênicos e de recuperação muscular maiores que aqueles demonstrados pela ingestão de uma bebida PLA.

Desempenho

Conforme mencionado anteriormente, a ausência de estudos que tenham utilizado o mesmo protocolo do presente estudo (TSD, nas distâncias 10 km/ 40 km/ 5 km) leva a comparações dos presentes achados com resultados dos protocolos que mais se assemelham, ou seja, protocolos de triatlo DO e também protocolos isolados de ciclismo, corrida ou sessão de ciclismo seguida de corrida.

Para nosso conhecimento, apenas dois estudos analisaram a influência de manipulações dietéticas no triatlo olímpico. Millard-Stafford *et al.* (1990), assim como o presente estudo, não observaram diferenças significativas no desempenho de triatletas submetidos a um protocolo simulado de triatlo DO e consumindo CHO (solução de 7% CHO, administrada em 2 mL/kg depois da natação, a cada 8 km ciclismo e a cada 3,2 km corrida) ou PLA. Os autores observaram uma redução de 1,4 min na corrida final para a condição CHO, no entanto, essas diferenças não se mostraram estatisticamente significativas (65). Conforme mencionado anteriormente, a fadiga muscular e a consequente queda do desempenho no exercício prolongado tem causas diversas, no entanto, a principal delas é a redução da disponibilidade de substrato energético (7, 43, 49). Os substratos mais importantes para a contração muscular são o glicogênio muscular e as concentrações séricas de glicose (43). Para Millard-Stafford *et al.* (1990) uma vez elevados os níveis de glicogênio muscular pré-exercício, a demanda de fontes exógenas de CHO é suficientemente suprida pelas reservas de glicogênio muscular, e aumentos adicionais na glicose sanguínea podem não influenciar o desempenho (65). O mesmo pode ter ocorrido no presente estudo apesar de não termos mensurado a concentração de glicogênio muscular. Concentrações mais altas de glicose plasmática, imprescindíveis para a manutenção da força ou potência requerida,

eram esperadas nas condições CHO e CHO+PTN, comparadas com a condição PLA e de fato elas foram encontradas. Os presentes resultados estão de acordo com estudos prévios realizados com protocolos de triatlo olímpico (63, 65), duatlo distância *sprint* (45) e corrida ou ciclismo isolados (82-85).

O segundo estudo, dos autores McGawley, Shannon, Betts (2011) também simulou uma prova de triatlo DO com protocolos muito parecidos ao do presente estudo – primeiro e segundo segmento da prova com intensidades controladas e corrida tratada como um contrarrelógio – mas reportou um tempo final $4,0 \pm 1,3\%$ mais rápido na condição CHO comparada à PLA ($p = 0,010$). Os autores atribuíram a melhora significativa no desempenho dos atletas à maior quantidade de CHO administrada: 1,8 g/min (vs. 0,7 g/min no estudo prévio (65) vs. 0,5 g/min no presente estudo) e presumiram que a quantidade de CHO requerida para melhorar o desempenho significativamente no triatlo é maior do que nos esportes de uma única modalidade (63). Ambos estudos (63, 65) não analisaram o efeito da combinação CHO+PTN, contudo outras diferenças podem ser observadas, como a temperatura ambiente (estudo de Millard-Stafford *et al.* foi realizado no calor), sexo da amostra (McGawley, Shannon, Betts avaliaram homens e mulheres), local da corrida final (laboratório vs. ambiente externo) e estratégias dietéticas pré-teste.

Flynn *et al.* (1987), em protocolo de 2h ciclismo (86), levanta a hipótese da “não tão longa” duração do exercício, especulação que pode ser válida também para o presente estudo (~1 h 51 min de duração). Pode inclusive estar associada ao fato dos sujeitos terem recebido uma refeição pré-teste com um considerável aporte de CHO e apresentarem, portanto, prováveis altos níveis de glicogênio muscular no início do simulado. O café da manhã ofertado era composto por 1,5 g/kg de CHO. A recomendação tradicional indica um valor mínimo de 1 g/kg peso (43), mas os estudos pilotos realizados mostraram que essa quantidade poderia ser baixa, visto que os atletas relatavam fome e sensação de “estômago vazio”. Com 1,5 g/kg, os atletas receberam uma média de 110 g de CHO, quantidade que provavelmente foi suficiente para maximizar os estoques de glicogênio e suprir as necessidades energéticas da primeira parte do protocolo (43). Outro ponto essencial dessa refeição pré-TSD foi a utilização da banana e da maltodextrina, o que forneceu diferentes tipos de CHO e certamente favoreceu a absorção intestinal. Sabe-se que a glicose

(maltodextrina) utiliza um transportador dependente de sódio (SGLT1) para absorção. A banana possui frutose, outro tipo de CHO, que utiliza um transportador diferente na absorção, o GLUT5. Utilizar glicose e frutose concomitantemente tem sido sugerido como uma excelente estratégia nutricional, uma vez que a combinação é capaz de aumentar a capacidade de oxidação de CHO e melhorar as taxas de esvaziamento gástrico e absorção de fluídos (49, 55).

Ademais, a argumentação dos estudos prévios (65, 86) de que a ausência de um efeito ergogênico pode ter ocorrido devido à quantidade de CHO consumido, pode ser pertinente também para o presente estudo. Jeukendrup (2011) reporta que a alimentação durante o exercício é limitada majoritariamente por dois fatores: (1) capacidade digestiva do atleta e (2) oportunidade para ingestão, específica de cada esporte (43). Nos ~49 min de ciclismo, os atletas receberam cerca de 0,27 e 0,34 g/kg CHO a cada ~15 min (respectivamente nas condições CHO+PTN e CHO) e a suplementação ocorreu nos km 5, 20 e 35. Cada 150 mL da suplementação continha 25 g de CHO na condição CHO e 20,2 g CHO + 4,8 g PTN na condição CHO+PTN. A faixa de recomendação vai de 30 - 60 g/h de CHO e no presente estudo os atletas ingeriram um total de ~32 g/h na condição CHO+PTN e 40 g/h na condição CHO. Essa quantidade pode não ter sido suficiente para atingir a demanda de oxidação do CHO na musculatura envolvida no exercício, porém ela foi considerada a dose factível para esse tipo de prova.

Através de um levantamento realizado previamente com os atletas que compuseram a amostra, verificou-se que a ingestão típica de bebida carboidratada durante a sessão ciclismo de uma prova de duatlo DO, era de ~475 mL. O estudo de Millard-Stafford *et al.* (1990) também realizou levantamento prévio dessa informação e encontrou um volume total semelhante (~400 mL) nos relatos dos seus voluntários (65). Pressupondo que, em condições reais, os atletas seriam capazes de beber somente ~475 mL, o presente estudo utilizou 450 mL de bebida e um total 60 g de CHO (manobra que garantiria o mínimo recomendado – 30 g/h, uma vez que esperava-se que os atletas concluíssem os protocolos em aproximadamente 2 h). Assim, a diluição, em 450 mL, já encontrava-se em 16,6% na condição CHO e 13,4% na condição CHO+PTN, valores acima da recomendação clássica de 6 - 8% (7,

49). Devido à capacidade de volume gástrico, não seria viável administrar uma dose maior de CHO, visto que poderia-se presenciar distúrbios gastrintestinais nos protocolos (47).

Outro ponto importante a ser discutido ao analisar os resultados do presente estudo é que a administração da suplementação pode ter ocorrido de forma muito tardia. Ao oferecer a bebida aos atletas nos km 5, 20 e 35 da sessão ciclismo do simulado, questiona-se se essa última dose de 150 mL, no km 35 foi absorvida a tempo de provocar algum efeito na corrida subsequente. Estudo de Murray, Williams, Battaglini (2006) investigou a diferença na ingestão de fluídos nos km 8, 16, 24 e 32 vs. km 10, 20, 30 e 40 durante um simulado de triatlo DO. Segundo os autores, quando os atletas ingerem a bebida instantes antes da corrida final, esta pode não ser absorvida a tempo de provocar um acréscimo de desempenho na corrida final (64).

Tratando-se de oportunidade de ingestão no duatlo, os moldes atuais da prova olímpica (oficialização de provas *draft-legal*) modificaram as estratégias de suplementação dos atletas. Para não desperdiçar a oportunidade de pedalar em um pelotão, muitas vezes os atletas acabam ingerindo muito menos do que deveriam. Inquestionavelmente, um certo padrão de provas pode ser observado atualmente no duatlo olímpico. Os atletas candidatos ao título da prova geralmente percorrem a primeira corrida juntos, entram juntos na área de transição e saem para pedalar em pelotão. Poucos arriscam uma fuga durante o ciclismo. Muito pelo contrário, os atletas tentam se preservar ao máximo para poderem sair menos desgastados para a corrida final. O *drafting* representa uma redução na resistência da área frontal do atleta (gerada pela mudança de uma zona de alta pressão para uma zona de baixa pressão, onde o fluxo deixa de ser laminar e passa a ser turbulento) e gera um conseqüente menor gasto energético mesmo a uma alta intensidade (38). O menor gasto energético resulta em um melhor desempenho na corrida. E assim sendo, os 5 km finais, muitas vezes decidem o campeão da prova.

Contrariamente, alguns investigadores já observaram efeitos ergogênicos da suplementação, principalmente de CHO isolado (5, 7, 8, 49, 63, 73, 74) e da coingestão de CHO+PTN (12, 14, 15, 21, 24). No entanto, a maioria desses estudos teve uma duração dos testes mais prolongada que a do presente estudo (> 2 h) e utilizou testes do tipo tempo até a exaustão para

avaliar o desempenho. Trata-se de um método útil para busca de explicações para a fadiga, porém a observação de que CHO ou mesmo CHO+PTN melhora o tempo até a exaustão não significa necessariamente que a estratégia melhoraria desempenho em outras situações de exercício ou quando a exaustão não é atingida (66).

Outro detalhe considerável para essa discrepância de achados na literatura é o fato da maioria dos estudos não apresentar uma condição PLA - apenas comparar dois ou mais tipos distintos de suplementação. Segundo estudo de Craen *et al.* (1999), o efeito placebo já trazia importantes ensinamentos para a ciência médica desde a realização do primeiro ensaio-clínico placebo-controlado em 1799 (87), e demonstrava desde então, a poderosa influência da mente sobre o corpo (88), modelando inclusive considerável número de funções fisiológicas (89). Beedie (2007) destaca que o conceito do placebo é tão bem estabelecido na medicina que o procedimento padrão de todo novo medicamento é testá-lo em ensaios placebo-controlados para se certificar que ele possui efeitos que excedam o efeito placebo (90).

A mesma lógica ocorre no desempenho esportivo. Recentemente, uma metanálise (Bérdis, Szabó, Bárdos, 2011) concluiu que o efeito placebo tem papel crucial no exercício, e quando associado ao consumo de suplementos alimentares, pode ser mais importante ainda (91). Um exemplo clássico é o estudo de Beedie *et al.* (2006), em que foi informado aos ciclistas participantes do estudo que três contrarrelógios de 10 km seriam realizados após receberem PLA, cafeína em moderada (4,5 mg/kg) ou alta dose (9 mg/kg). Contudo, apenas PLA foi oferecido aos participantes. Os resultados mostram que ao receber PLA e imaginar que haviam recebido cafeína, os atletas tiveram um significativo ganho no desempenho. Além disso, os efeitos foram ainda maiores quando eles acreditaram estar consumindo uma dose mais alta de cafeína, mostrando, inclusive, um comportamento de dose-resposta (92).

Outro estudo interessante nesse sentido foi realizado por Clark *et al.* (2000). Os autores reportaram um aumento de 3,8% na PO média de ciclistas em um contrarrelógio de 4 km, quando os voluntários acreditaram estar recebendo uma bebida carboidratada. Divididos em três grupos, os sujeitos foram orientados de que a condição CHO lhes daria, muito provavelmente, o melhor desempenho. No entanto, metade do grupo CHO foi randomizado para

receber PLA, e metade do grupo PLA a receber CHO. No terceiro grupo eles foram informados de que tinham 50% chance de receber CHO ou PLA (93). Talvez, no caso do presente estudo, o ideal seria ter tido uma quarta condição em que os sujeitos recebam apenas água na realização do TSD. A hipótese do efeito placebo seria, dessa forma, eliminada.

Outro fator de cunho psicológico que certamente influenciou o desempenho final foi o fato dos atletas competirem sem adversários presentes. Nesse sentido, Noakes (2011) afirma que a presença de outros competidores é fator determinante do desempenho esportivo (94).

É importante salientar, no entanto, que muito embora não tenha havido diferença significativa no t_{5km} entre as condições, houve uma grande variabilidade individual dos dados e, de fato, nove indivíduos melhoraram seu desempenho em ~42 s na condição CHO e ~50,3 s na condição CHO+PTN. Dessa forma, é possível especular que, apesar de não ser efetiva em todos os participantes, aqueles que responderam à suplementação, tanto de CHO isolado quanto de CHO+PTN, tiveram o tempo de prova consideravelmente melhorado. Fato esse que sugere uma relevância clínica dos resultados, uma vez que essa redução no tempo final poderia mudar o resultado final de uma prova.

De fato, analisando os resultados da categoria 25-29 anos (média de idade da presente amostra) no Campeonato Mundial de Duatlo 2016 – Avilés/Espanha o uso da suplementação poderia mudar completamente a classificação final, uma vez que a diferença de tempo total entre o primeiro e o terceiro colocado foi de apenas 13 s (95). Em âmbito nacional, no Campeonato Brasileiro de Duatlo 2014, 48 s separaram o campeão da prova e o segundo colocado. Em 2015, em prova realizada em Manaus/AM, a diferença foi de 25 s (96). Conforme destacou Kendall (1999) é fundamental reconhecer que uma significância estatística não é sinônimo de significância prática ou clínica, e vice-versa (97). Uma amostra maior do que a utilizada no presente estudo poderia quiçá reportar diferentes resultados. Contudo, devido à inegável ausência de diferenças significativas, é necessário cautela na extrapolação desses resultados.

Recuperação muscular

Quanto aos marcadores indiretos de dano muscular, nossos resultados mostraram que o PT isométrico não diferiu do momento pré (basal) vs. pós-24 h. Similarmente, as condições CHO vs. CHO+PTN vs. PLA também não diferiram entre si no momento pós-24 h, sugerindo que a suplementação não teve efeito neuromuscular, sobretudo sobre a produção de força isométrica máxima (embora o maior TE da condição PLA sugira uma tendência a perder mais força pós-simulado nessa condição).

O decréscimo na produção de força é um dos marcadores indiretos mais fidedignos para a avaliação de dano muscular (61) uma vez que ela representa o desfecho funcional do conjunto de eventos inflamatórios e mecânicos que se desenvolvem durante e após o exercício físico vigoroso. Os resultados do presente estudo demonstraram que o PT dos extensores de joelho não sofreu alteração significativa 24 h após a realização dos TSD. Sabe-se que sujeitos treinados experimentam menor dano muscular do que sujeitos destreinados devido ao efeito protetor causado por sessões cumulativas de treinamento (98) e isso poderia explicar os presentes achados. Embora o PT seja amplamente utilizado como parâmetro de função neuromuscular, outros parâmetros como a taxa de produção de força não foram investigadas. Sugere-se, também, que para essa amostra talvez a avaliação em um protocolo dinâmico (e não isométrico) atendesse melhor o princípio da especificidade. Ainda assim, os resultados corroboram com achados de estudos prévios (2, 10, 13, 16, 25, 28).

Apesar da não significativa perda de força 24 h após os TSD, os resultados das concentrações plasmáticas da enzima CK nos diferentes momentos (pré vs. pós vs. pós-24h) indicam que os protocolos de exercício geraram dano muscular nos atletas, pois há um aumento significativo das concentrações da enzima do momento pré-teste (basal) para pós-24 h, em todas as condições. Contudo, as três condições (CHO vs. CHO+PTN vs. PLA) não diferiram entre si, o que demonstra uma ineficácia do CHO e da combinação CHO+PTN em atenuar a magnitude do dano, quando comparados a uma bebida placebo. O menor tamanho de efeito (0,73 vs. 0,93 vs. 1,04 para CHO+PTN, CHO e PLA, respectivamente) sugere que a coingestão de CHO+PTN poderia atenuar o dano muscular induzido pela prova. Porém, mais estudos são necessários e a hipótese permanece apenas especulativa.

A concentração de proteínas musculares na corrente sanguínea é amplamente utilizada na literatura como marcador indireto de dano muscular (99, 100) e ainda que exista divergentes pontos de vista sobre a questão (101), sabe-se que o dano muscular representa rupturas de membranas celulares (102) e que o nível de extravasamento das proteínas reflete a extensão dessas rupturas (103). Um dos pontos negativos acerca da mensuração de CK é a sua grande variabilidade biológica (104) mesmo assim, este ainda é um dos marcadores mais utilizados na pesquisa pois, além do baixo custo, parece ser um bom indicador do impacto do exercício sobre os tecidos (105).

Limitações do estudo

O presente estudo possui algumas limitações importantes, sendo que algumas já foram abordadas ao longo do texto. A não mensuração da ingestão hídrica de cada atleta e da taxa de percepção de esforço (TPE) ao longo de cada simulado pode ter impedido uma análise mais robusta.

A maior limitação foi a não familiarização dos sujeitos com o protocolo dos simulados. Apenas dois dos treze atletas tiveram o primeiro simulado como seu melhor teste, demonstrando possível efeito de aprendizado ao longo do estudo. Em seu estudo Millard-Stafford *et al.* (1990) realizaram familiarização com os sujeitos (65), enquanto Etxebarria *et al.* (2014) sugerem que não há necessidade de familiarização, uma vez que os testes eram similares à rotina de treinos/provas que os atletas estão acostumados a realizar (77).

O fato dos atletas chegarem em jejum nos dias de simulado (manobra utilizada a fim de possibilitar uma análise bioquímica da concentração de glicose plasmática, além de proporcionar o controle de ingestão alimentar prévia ao teste) não representa uma boa validade ecológica. Um atleta jamais permanece em jejum após a noite que antecede uma competição. Além disso, o controle do *pace* instantâneo, realizado com o uso do Garmim, pode ter influenciado o comportamento do atleta na corrida final. O ideal seria ter realizado a corrida na pista de 400 m, solicitando ao atleta que completasse 12,5 voltas e não concedendo a ele o direito de utilizar nenhum tipo de relógio. O atleta apenas correria no seu máximo esforço, sem se preocupar com o *pace* instantâneo que realizava.

Outra limitação do estudo foi a condição física que cada atleta chegava em cada simulado. O triatleta/duatleta costuma ter uma planilha de treinos muito intensa e geralmente compete muito ao longo do ano. Poucos focam no seu tipo específico de prova. A maioria compete em provas de corrida de rua, de ciclismo, de triatlo, duatlo e aquatlo. Dessa forma, além de, muitas vezes, chegar já em condição de fadiga ao laboratório, as competições impediam que os simulados fossem todos realizados dentro de um intervalo de um mês e esse fator implicava também na realização do protocolo em diferentes momentos dentro do ciclo de treinamento do atleta.

Contudo, apesar das limitações, esse estudo representa grande validade ecológica de uma prova de duatlo olímpico. A corrida, realizada no ambiente externo ao laboratório, reflete da forma mais fidedigna possível a realidade de uma competição. Além disso, até onde sabemos, este é o primeiro estudo que simulou uma prova de duatlo nessas distâncias e analisou diferentes estratégias de suplementação. O bom nível dos atletas que compuseram a amostra (apesar de amadores tinham nível regional à nacional) também foi outro ponto positivo, assim como o controle das intensidades dos dois primeiros segmentos do simulado. Essa estratégia permitiu isolar o efeito da suplementação ao desempenho da corrida final. O controle da ingestão pré-teste dos indivíduos também foi fundamental, pois se cada atleta tivesse se alimentado por si, jamais saberíamos quantos g/kg CHO ele teria consumido, e nossas especulações quanto aos bons níveis de glicogênio muscular pré-simulados se tornariam infundadas.

CONCLUSÃO

Em uma prova simulada de duatlo olímpico, com refeição pré-teste contendo 1,5 g/kg de carboidrato, as suplementações de CHO e de CHO+PTN não oferecem benefícios extras quando comparadas a uma bebida placebo no que diz respeito ao desempenho e recuperação muscular dos atletas.

CAPÍTULO III

CONSIDERAÇÕES FINAIS E DIREÇÕES

Os resultados encontrados nesse estudo indicam que as suplementações de CHO e de CHO+PTN não oferecem benefícios extras quando comparadas a uma bebida placebo no que diz respeito ao desempenho e recuperação muscular de duatletas submetidos a um teste simulado de duatlo olímpico. A partir destes resultados é possível sugerir possibilidades de prosseguimento nessa linha de pesquisa. Assim, são apontadas algumas direções:

- O presente estudo utilizou um protocolo padronizado de intensidade na primeira corrida e na sessão ciclismo de cada simulado. As intensidades foram controladas a fim de melhor comparar o desempenho na corrida final do atleta entre os três protocolos. Seria interessante complementar esses dados, examinando a ingestão de CHO, a coingestão de CHO+PTN e o consumo de uma bebida PLA, em um protocolo totalmente *self-paced*, ou seja, no qual o próprio atleta pudesse escolher a velocidade desde o início do simulado.

- Não se investiu em um volume de suplementação maior pois sabe-se que, na vida real, os atletas não consomem mais do que 400 - 600 mL de líquido durante uma prova. Para não perder um pelotão, o atleta frequentemente se priva de suplementar ou ingere menos do que deveria - apenas em oportunidades concretas que não coloquem em risco sua posição no pelotão. De qualquer maneira, seria interessante analisar os efeitos da ingestão de CHO vs. CHO+PTN quando administrados em um volume mais próximo do que o recomendado pela literatura (0,4 - 0,8 mL/h) (74), com uma dose de CHO também mais próxima do limite superior da recomendação (60 g/h).

- Investigar efeito das mesmas estratégias de suplementação utilizadas pelo estudo (CHO vs. CHO+PTN vs. PLA), mas comparando-as com uma quarta condição em que o atleta faria o simulado apenas tomando água (e ciente de que tomava apenas água).

REFERÊNCIAS

1. Saunders MJ. Coingestion of carbohydrate-protein during endurance exercise: influence on performance and recovery. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2007;17 Suppl:S87-103. Epub 2007/08/01.
2. Breen L, Tipton KD, Jeukendrup AE. No effect of carbohydrate-protein on cycling performance and indices of recovery. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2010;42(6):1140-8. Epub 2009/12/10.
3. Coggan AR, Coyle EF. Reversal of fatigue during prolonged exercise by carbohydrate infusion or ingestion. *J Appl Physiol*. 1987;63(6):2388-95. Epub 1987/12/01.
4. Coggan AR, Coyle EF. Effect of carbohydrate feedings during high-intensity exercise. *J Appl Physiol*. 1988;65(4):1703-9. Epub 1988/10/01.
5. Coggan AR, Coyle EF. Carbohydrate ingestion during prolonged exercise: effects on metabolism and performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 1991;19:1-40. Epub 1991/01/01.
6. Coyle EF, Coggan AR, Hemmert MK, Ivy JL. Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *J Appl Physiol*. 1986;61(1):165-72. Epub 1986/07/01.
7. Jeukendrup AE. Carbohydrate intake during exercise and performance. *Nutrition*. 2004;20(7-8):669-77. Epub 2004/06/24.
8. Tsintzas K, Liu R, Williams C, Campbell I, Gaitanos G. The effect of carbohydrate ingestion on performance during a 30-km race. *International Journal of Sport Nutrition*. 1993;3(2):127-39. Epub 1993/06/01.
9. Stearns RL, Emmanuel H, Volek JS, Casa DJ. Effects of ingesting protein in combination with carbohydrate during exercise on endurance performance: a systematic review with meta-analysis. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 2010;24(8):2192-202. Epub 2010/08/05.
10. Cermak NM, Solheim AS, Gardner MS, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. Muscle metabolism during exercise with carbohydrate or protein-carbohydrate ingestion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2009;41(12):2158-64. Epub 2009/11/17.
11. Highton J, Twist C, Lamb K, Nicholas C. Carbohydrate-protein coingestion improves multiple-sprint running performance. *Journal of Sports Sciences*. 2013;31(4):361-9. Epub 2012/11/09.
12. Ivy JL, Res PT, Sprague RC, Widzer MO. Effect of a carbohydrate-protein supplement on endurance performance during exercise of varying

intensity. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2003;13(3):382-95. Epub 2003/12/13.

13. Osterberg KL, Zachwieja JJ, Smith JW. Carbohydrate and carbohydrate + protein for cycling time-trial performance. *Journal of Sports Sciences*. 2008;26(3):227-33. Epub 2007/12/13.

14. Saunders MJ, Kane MD, Todd MK. Effects of a carbohydrate-protein beverage on cycling endurance and muscle damage. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2004;36(7):1233-8. Epub 2004/07/06.

15. Saunders MJ, Luden ND, Herrick JE. Consumption of an oral carbohydrate-protein gel improves cycling endurance and prevents postexercise muscle damage. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 2007;21(3):678-84. Epub 2007/08/10.

16. van Essen M, Gibala MJ. Failure of protein to improve time trial performance when added to a sports drink. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2006;38(8):1476-83. Epub 2006/08/05.

17. Ferreira AMD, Ribeiro BG, E.A S. Consumo de carboidratos e lipídios no desempenho em exercícios de ultra-resistência. *Rev Bras Med Esporte*. 2001;7(2):67-74.

18. Powers SK, Howley ET. *Fisiologia do exercício - Teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho*. Manole, 2009.

19. McLellan TM, Pasiakos SM, Lieberman HR. Effects of protein in combination with carbohydrate supplements on acute or repeat endurance exercise performance: a systematic review. *Sports Med*. 2014;44(4):535-50. Epub 2013/12/18.

20. Ferguson-Stegall L, McCleave EL, Ding Z, Kammer LM, Wang B, Doerner PG, et al. The effect of a low carbohydrate beverage with added protein on cycling endurance performance in trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*. 2010;24(10):2577-86. Epub 2010/08/25.

21. Valentine RJ, Saunders MJ, Todd MK, St Laurent TG. Influence of carbohydrate-protein beverage on cycling endurance and indices of muscle disruption. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2008;18(4):363-78. Epub 2008/08/19.

22. Gant N, Stinear CM, Byblow WD. Carbohydrate in the mouth immediately facilitates motor output. *Brain Research*. 2010;1350:151-8. Epub 2010/04/15.

23. Skillen RA, Testa M, Applegate EA, Heiden EA, Fascetti AJ, Casazza GA. Effects of an amino acid carbohydrate drink on exercise performance after

consecutive-day exercise bouts. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2008;18(5):473-92. Epub 2008/11/27.

24. Williams M, Raven PB, Fogt DL, Ivy JL. Effects of recovery beverages on glycogen restoration and endurance exercise performance. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*. 2003;17(1):12-9. Epub 2003/02/13.

25. Betts JA, Toone RJ, Stokes KA, Thompson D. Systemic indices of skeletal muscle damage and recovery of muscle function after exercise: effect of combined carbohydrate-protein ingestion. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2009;34(4):773-84. Epub 2009/09/22.

26. Green MS, Corona BT, Doyle JA, Ingalls CP. Carbohydrate-protein drinks do not enhance recovery from exercise-induced muscle injury. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2008;18(1):1-18. Epub 2008/02/15.

27. Millard-Stafford M, Warren GL, Thomas LM, Doyle JA, Snow T, Hitchcock K. Recovery from run training: efficacy of a carbohydrate-protein beverage? *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2005;15(6):610-24. Epub 2006/03/09.

28. Romano-Ely BC, Todd MK, Saunders MJ, Laurent TS. Effect of an isocaloric carbohydrate-protein-antioxidant drink on cycling performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2006;38(9):1608-16. Epub 2006/09/09.

29. Jeukendrup A, Saris WH, Brouns F, Kester AD. A new validated endurance performance test. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1996;28(2):266-70. Epub 1996/02/01.

30. van Loon LJ. Is there a need for protein ingestion during exercise? *Sports Med*. 2014;44 Suppl 1:S105-11. Epub 2014/05/06.

31. Carvalho EB. *Triathlon - Preparação Física*. Editora Sprint. Rio de Janeiro, 1995.

32. Filho LAD. *Triathlon*. Editora Sprint. Rio de Janeiro, 1995.

33. Confederação Brasileira de Triathlon (CBTRI). Disponível em: <http://www.cbtri.org.br/>. Acessado em: 20 setembro 2016.

34. Domingues LA. *Triathlon*. Editora Sprint. Rio de Janeiro, 1995.

35. Barry N, Burton D, Sheridan J, Thompson M, Brown NAT. Aerodynamic performance and riding posture in road cycling and triathlon. *J Sports Engineering and Technology*. 2014.

36. Hauswirth C, Lehenaff D, Dreano P, Savonen K. Effects of cycling alone or in a sheltered position on subsequent running performance during a triathlon. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1999;31(4):599-604. Epub 1999/04/22.
37. Hauswirth C, Vallier JM, Lehenaff D, Brisswalter J, Smith D, Millet G, et al. Effect of two drafting modalities in cycling on running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2001;33(3):485-92. Epub 2001/03/17.
38. McCole SD, Claney K, Conte JC, Anderson R, Hagberg JM. Energy expenditure during bicycling. *J Appl Physiol*. 1990;68(2):748-53. Epub 1990/02/01.
39. International Triathlon Union (ITU). Disponível em: <http://www.triathlon.org/results>. Acessado em: 20 setembro 2016.
40. Sparks SA, Cable NT, Doran DA, Maclaren DP. Influence of environmental temperature on duathlon performance. *Ergonomics*. 2005;48(11-14):1558-67. Epub 2005/12/13.
41. Sparks SA, Maclaren DP, Bridge NE, Cable NT, Doran DA. Laboratory simulated duathlon performance: effects of pre-exercise meals. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2013;23(6):610-6. Epub 2013/06/12.
42. Millet GP, Vleck VE. Physiological and biomechanical adaptations to the cycle to run transition in Olympic triathlon: review and practical recommendations for training. *British Journal of Sports Medicine*. 2000;34(5):384-90. Epub 2000/10/26.
43. Jeukendrup AE. Nutrition for endurance sports: marathon, triathlon, and road cycling. *Journal of Sports Sciences*. 2011;29 Suppl 1:S91-9. Epub 2011/09/16.
44. Burke LM, Read RSD. Dietary supplements in sports. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1993;15(43).
45. Mamus RT, Dos Santos MG, Campbell B, Kreider R. Biochemical effects of carbohydrate supplementation in a simulated competition of short terrestrial duathlon. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2006;3:6-11. Epub 2008/05/27.
46. Kimber NE, Ross JJ, Mason SL, Speedy DB. Energy balance during an ironman triathlon in male and female triathletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2002;12(1):47-62. Epub 2002/05/08.
47. Pfeiffer B, Stellingwerff T, Hodgson AB, Randell R, Pottgen K, Res P, et al. Nutritional intake and gastrointestinal problems during competitive endurance events. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2012;44(2):344-51. Epub 2011/07/22.

48. Murray RG, Anderson JJB. Nutrição no exercício e no esporte - Introdução à nutrição no exercício e no esporte. Editora Manole, 1996.
49. Jeukendrup A. A step towards personalized sports nutrition: carbohydrate intake during exercise. *Sports Med.* 2014;44 Suppl 1:S25-33. Epub 2014/05/06.
50. Costil DL, Wilmore JH. *Physiology of sport and exercise.* Kinetics H, 1999.
51. Miller GD. Carboidratos na ultra-resistência e no desempenho atlético - Nutrição no exercício e no esporte. Editora Manole. São Paulo, 1996.
52. Powers SK, Howley ET. *Exercise physiology: Theory and its application to fitness and performance.* 3rd ed. Benchmark B. USA, 1997.
53. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Sports & exercise nutrition.* Lippincott WW. USA, 1999.
54. Williams C. Dietary macro- and micronutrient requirements of endurance athletes. *The Proceedings of the Nutrition Society.* 1998;57(1):1-8. Epub 1998/05/08.
55. Jentjens RL, Moseley L, Waring RH, Harding LK, Jeukendrup AE. Oxidation of combined ingestion of glucose and fructose during exercise. *J Appl Physiol* (1985). 2004;96(4):1277-84. Epub 2003/12/06.
56. Currell K, Jeukendrup AE. Superior endurance performance with ingestion of multiple transportable carbohydrates. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 2008;40(2):275-81. Epub 2008/01/19.
57. Gatorade Sports Sciences Institute - GSSI. Disponível em: <http://www.gssiweb.org/pt-br/Article/sse-108-mistura-de-carboidratos-transport%C3%A1veis-e-seus-benef%C3%ADcios>. Acessado em: 20 setembro 2016.
58. Toone RJ, Betts JA. Isocaloric carbohydrate versus carbohydrate-protein ingestion and cycling time-trial performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism.* 2010;20(1):34-43. Epub 2010/03/02.
59. Koopman R, Pannemans DL, Jeukendrup AE, Gijsen AP, Senden JM, Halliday D, et al. Combined ingestion of protein and carbohydrate improves protein balance during ultra-endurance exercise. *American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism.* 2004;287(4):E712-20. Epub 2004/05/29.
60. Phillips SM, Van Loon LJ. Dietary protein for athletes: from requirements to optimum adaptation. *Journal of Sports Sciences.* 2011;29 Suppl 1:S29-38. Epub 2011/12/14.

61. Warren GL, Lowe DA, Armstrong RB. Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. *Sports Med.* 1999;27(1):43-59. Epub 1999/02/24.
62. Betts JA, Stevenson E, Williams C, Sheppard C, Grey E, Griffin J. Recovery of endurance running capacity: effect of carbohydrate-protein mixtures. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism.* 2005;15(6):590-609. Epub 2006/03/09.
63. McGawley K, Shannon O, Betts J. Ingesting a high-dose carbohydrate solution during the cycle section of a simulated Olympic-distance triathlon improves subsequent run performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism.* 2012;37(4):664-71. Epub 2012/05/24.
64. McMurray RG, Williams DK, Battaglini CL. The timing of fluid intake during an Olympic distance triathlon. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism.* 2006;16(6):611-9. Epub 2007/03/09.
65. Millard-Stafford M, Sparling PB, Roskopf LB, Hinson BT, DiCarlo LJ. Carbohydrate-electrolyte replacement during a simulated triathlon in the heat. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 1990;22(5):621-8. Epub 1990/10/01.
66. Madsen K, MacLean DA, Kiens B, Christensen D. Effects of glucose, glucose plus branched-chain amino acids, or placebo on bike performance over 100 km. *J Appl Physiol (1985).* 1996;81(6):2644-50. Epub 1996/12/01.
67. Coletta A, Thompson DL, Raynor HA. The influence of commercially-available carbohydrate and carbohydrate-protein supplements on endurance running performance in recreational athletes during a field trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition.* 2013;10(1):17. Epub 2013/03/30.
68. Brooks GA, Mercier J. Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: the "crossover" concept. *J Appl Physiol (1985).* 1994;76(6):2253-61. Epub 1994/06/01.
69. Noakes TD. Fluid replacement during exercise. *Exercise and Sport Sciences Reviews.* 1993;21:297-330. Epub 1993/01/01.
70. O'Toole ML, Douglas PS. Applied physiology of triathlon. *Sports Med.* 1995;19(4):251-67. Epub 1995/04/01.
71. Caputo F, Oliveira MFM, Greco CC, Denadai BS. Exercício aeróbico: aspectos bioenergéticos, ajustes fisiológicos, fadiga e índices de desempenho. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2009;11(1):94-102.
72. Joint Position Statement: nutrition and athletic performance. American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, and Dietitians of Canada. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 2000;32(12):2130-45. Epub 2000/12/29.

73. Coyle EF. Fluid and fuel intake during exercise. *Journal of Sports Sciences*. 2004;22(1):39-55. Epub 2004/02/20.
74. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2016;48(3):543-68. Epub 2016/02/20.
75. Gastin PB. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med*. 2001;31(10):725-41. Epub 2001/09/08.
76. Gilson SF, Saunders MJ, Moran CW, Moore RW, Womack CJ, Todd MK. Effects of chocolate milk consumption on markers of muscle recovery following soccer training: a randomized cross-over study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2010;7:19. Epub 2010/05/21.
77. Etxebarria N, Anson JM, Pyne DB, Ferguson RA. High-intensity cycle interval training improves cycling and running performance in triathletes. *European Journal of Sport Science*. 2014;14(6):521-9. Epub 2013/11/12.
78. American College of Sports Medicine. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Wilkins LW, 2013.
79. Lopes AL, AP TF, de Souza Campos LG, Teixeira BC, Kreismann Carteri RB, Ribeiro JL, et al. The effects of diet- and diet plus exercise-induced weight loss on basal metabolic rate and acylated ghrelin in grade 1 obese subjects. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*. 2013;6:469-75. Epub 2013/12/19.
80. Delextrat A, Brisswalter J, Hausswirth C, Bernard T, Vallier JM. Does prior 1500-m swimming affect cycling energy expenditure in well-trained triathletes? *Canadian Journal of Applied Physiology*. 2005;30(4):392-403. Epub 2005/11/01.
81. Bernard T, Hausswirth C, Le Meur Y, Bignet F, Dorel S, Brisswalter J. Distribution of power output during the cycling stage of a Triathlon World Cup. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2009;41(6):1296-302. Epub 2009/05/23.
82. Andrews JL, Sedlock DA, Flynn MG, Navalta JW, Ji H. Carbohydrate loading and supplementation in endurance-trained women runners. *J Appl Physiol (1985)*. 2003;95(2):584-90. Epub 2003/04/30.
83. Bowtell JL, Gelly K, Jackman ML, Patel A, Simeoni M, Rennie MJ. Effect of different carbohydrate drinks on whole body carbohydrate storage after exhaustive exercise. *J Appl Physiol (1985)*. 2000;88(5):1529-36. Epub 2000/05/08.
84. Wong SH, Williams C, Adams N. Effects of ingesting a large volume of carbohydrate-electrolyte solution on rehydration during recovery and

subsequent exercise capacity. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2000;10(4):375-93. Epub 2000/01/11.

85. Wright DA, Sherman WM, Dernbach AR. Carbohydrate feedings before, during, or in combination improve cycling endurance performance. *J Appl Physiol* (1985). 1991;71(3):1082-8. Epub 1991/09/01.

86. Flynn MG, Costill DL, Hawley JA, Fink WJ, Neuffer PD, Fielding RA, et al. Influence of selected carbohydrate drinks on cycling performance and glycogen use. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1987;19(1):37-40. Epub 1987/02/01.

87. de Craen AJ, Kaptchuk TJ, Tijssen JG, Kleijnen J. Placebos and placebo effects in medicine: historical overview. *Journal of the Royal Society of Medicine*. 1999;92(10):511-5. Epub 2000/02/29.

88. Teixeira MZ. Bases psiconeurofisiológicas do fenômeno placebo-nocebo: evidências científicas que valorizam a humanização da relação médico-paciente. *Rev Assoc Med Bras* (1992). 2009;55(1):13-8. Epub 2009/04/11.

89. Benedetti F. Placebo and the new physiology of the doctor-patient relationship. *Physiological Reviews*. 2013;93(3):1207-46. Epub 2013/08/01.

90. Beedie CJ. Placebo effects in competitive sport: qualitative data. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2007;6(1):21-8. Epub 2007/01/01.

91. Bérdi M, Koteles F, Szarbó A, Bárdos G. Placebo effects in sport and exercise: a meta-analysis. *European Journal of Mental Health* 2011;6(1):196-212.

92. Beedie CJ, Stuart EM, Coleman DA, Foad AJ. Placebo effects of caffeine on cycling performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2006;38(12):2159-64. Epub 2006/12/06.

93. Clark VR, Hopkins WG, Hawley JA, Burke LM. Placebo effect of carbohydrate feedings during a 40-km cycling time trial. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2000;32(9):1642-7. Epub 2000/09/20.

94. Duncan JM. Placebo effects of caffeine on anaerobic performance in moderately trained adults. *Serbian Journal of Sports Sciences*. 2010;4(3):99-106.

95. Noakes TD. Time to move beyond a brainless exercise physiology: the evidence for complex regulation of human exercise performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2011;36(1):23-35. Epub 2011/02/18.

96. International Triathlon Union (ITU). Disponível em: http://www.triathlon.org/results/result/2016_aviles_itu_duathlon_world_championships/281095. Acessado em: 20 setembro 2016.

97. Confederação Brasileira de Triathlon (CBTRI). Disponível em: http://www.cbtri.org.br/resultado/Arquivo/Res_Dua_2015.pdf. Acessado em: 20 setembro 2016.
98. Kendall PC. Clinical significance. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*. 1999;67(3):283-4. Epub 1999/06/16.
99. Newton MJ, Morgan GT, Sacco P, Chapman DW, Nosaka K. Comparison of responses to strenuous eccentric exercise of the elbow flexors between resistance-trained and untrained men. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*. 2008;22(2):597-607. Epub 2008/06/14.
100. Baird MF, Graham SM, Baker JS, Bickerstaff GF. Creatine-kinase- and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery. *Journal of Nutrition and Metabolism*. 2012;2012:960363. Epub 2012/01/31.
101. Nikolaidis MG, Jamurtas AZ, Paschalis V, Fatouros IG, Koutedakis Y, Kouretas D. The effect of muscle-damaging exercise on blood and skeletal muscle oxidative stress: magnitude and time-course considerations. *Sports Med*. 2008;38(7):579-606. Epub 2008/06/19.
102. Yu JG, Liu JX, Carlsson L, Thornell LE, Stal PS. Re-evaluation of sarcolemma injury and muscle swelling in human skeletal muscles after eccentric exercise. *PloS one*. 2013;8(4):e62056. Epub 2013/04/25.
103. Petrof BJ, Shrager JB, Stedman HH, Kelly AM, Sweeney HL. Dystrophin protects the sarcolemma from stresses developed during muscle contraction. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1993;90(8):3710-4. Epub 1993/04/15.
104. Brancaccio P, Maffulli N, Limongelli FM. Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British Medical Bulletin*. 2007;81-82:209-30. Epub 2007/06/16.
105. Kim J, Lee J. The relationship of creatine kinase variability with body composition and muscle damage markers following eccentric muscle contractions. *Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry*. 2015;19(2):123-9. Epub 2015/08/06.
106. Ebbeling CB, Clarkson PM. Exercise-induced muscle damage and adaptation. *Sports Med*. 1989;7(4):207-34. Epub 1989/04/01.

ANEXO 1

Registro Alimentar de 24 h

Com esse registro pretendemos conhecer melhor os seus hábitos alimentares e estabelecer um padrão que deve ser repetido na véspera e no decorrer do dia de cada teste simulado, assegurando que você tenha um consumo semelhante em cada momento.

É de fundamental importância que você anote TUDO o que comer e beber nas 24 h que irão anteceder seu primeiro teste simulado de duatlo. Anote o que comer durante as refeições e também entre elas, com o maior número de informação possível: **quantidades** (em gramas, ou características como raso, cheio, metade), **medidas caseiras** (colher de sopa, colher de chá, copo de requeijão, xícara, concha média, prato fundo) e **marcas** de cada alimento.

Detalhe o tipo de alimento consumido, se o pão é integral ou branco, se o suco é artificial ou natural, se adoçou com açúcar ou adoçante, se o leite é desnatado ou integral, etc. Sempre que possível, procure anotar as marcas dos fabricantes (por exemplo, requeijão tradicional *Piá*, pão de sanduíche *Seven Boys*, etc.). Indicar também quando o alimento for *light* ou *diet*.

Seja o mais preciso e honesto possível e procure não esquecer de nada. Balas, cafezinhos, uma mordida de rapadura... tudo deve constar aqui!

Exemplo:

Hora	Local	Medida Caseira	Alimento	Marca
7:00	Casa	1 copo médio (200 mL)	Leite Integral	Santa Clara
		1 colher de sopa cheia	Achocolatado	Nescau
		2 fatias	Pão de Sanduíche (Leite)	Seven Boys
		1 colher de sopa rasa	Margarina	Becel
		1 fatia média	Queijo lanche	
10:00	Fora	1 unidade	Barra Cereal Banana	Nutry
13:00	Fora	1 bife grande (~100g)	Carne de gado magra	
		8 colheres de sopa cheias	Arroz parboilizado	

		1 concha média	Feijão preto	
		2 colheres sopa cheias	Vagem Cozida	
		3 folhas médias	Alface	
		1 colher sopa rasa	Azeite de Oliva	
		2 pegadores	Batata Frita	
16:00	Fora	1 unidade média	Maçã	
		1 pote 200 ml	iogurte de Morango	Elegê
18:00	Casa	6 unidades	Bolacha Cream Craker	Nestlé
		1 lata	Coca Cola Light	
20:30	Casa	1 prato raso cheio	Macarrão Cozido	
		6 colheres de sopa	Molho de Tomate	Pomarola
		1 bife médio (~80g)	Peito de Frango	
		½ unidade	Cenoura crua ralada	
		2 rodela grandes	Tomate	
		1 copo grande (350 mL)	Suco de Uva	Tang
		2 unidades	Bombom Sonho de Valsa	Lacta
23:30	Casa	1 copo G (300 mL)	Suco Laranja	Naturale

Qualquer dúvida, entrar em contato:

Nutricionista Débora Finger

Telefone: (51) 99736 8480

REGISTRO ALIMENTAR 24H

NOME: _____

DATA: _____

Hora	Local	Medida Caseira	Alimento	Marca
------	-------	----------------	----------	-------
