

Investigação da alimentação prévia sobre a resposta à suplementação de carboidrato em provas de ciclismo: uma revisão sistemática.

Autores: Palloma Krishna Araújo Alves Costa; Thays de Ataíde e Silva;
Alisson Henrique Marinho de Lima; Terezinha da Rocha Ataíde

RESUMO

O objetivo desta revisão foi identificar se os estudos que investigaram o efeito da suplementação com carboidratos (CHO) no desempenho físico avaliam e consideram a alimentação habitual dos indivíduos avaliados na discussão de seus resultados. Consideração de desconforto gastrointestinal também foi avaliado. Foi realizada uma revisão sistemática nas seguintes bases de dados eletrônicas: PubMed, SciELO, EBSCO, Lilacs, Web of Science e Cochrane Library (*Cochrane Central Register of Controlled Trials*), incluídos os estudos realizados com homens (fisicamente ativos ou treinados) de 19 a 45 anos, que utilizaram apenas CHO ou placebo, sem limite de busca quanto ao ano de publicação ou idioma. Vinte e um estudos foram classificados como apropriados e incluídos nas análises. Em quatro deles, a alimentação prévia dos voluntários foi descrita, mas apenas um considerou os hábitos alimentares dos sujeitos na interpretação de seus achados. Em duas investigações o desconforto gastrointestinal foi avaliado e considerado nos resultados encontrados. Resultados positivo no desempenho foram observados em 13 estudos, por outro lado, em seis não foram observados efeitos ergogênicos e em dois, o desempenho foi prejudicado. Na grande maioria dos estudos não é levado em consideração fatores relevantes e influenciadores dos resultados de desempenho ao utilizar suplementação de CHO, como a avaliação da alimentação prévia dos indivíduos, a real necessidade de suplementação, a quantidade e tipo de CHO utilizado, a presença de desconforto gastrointestinal, e, ainda, fatores relacionados à escolha dos protocolos de exercício/treinamento utilizados. Considerando que todos esses fatores são influenciadores do desempenho esportivo, a não apreciação destes pode levar a obtenção de resultados conflitantes em torno da utilização dos CHO como recurso ergogênico. Se os estudos fossem desenhados a partir dessa perspectiva, seriam ampliadas em muito as possibilidades de intervenção, a partir de resultados mais

conclusivos, com recomendações mais específicas, gerando respostas mais satisfatórias, colocando a saúde do indivíduo sempre como prioridade.

Palavras-Chaves: Consumo alimentar, recurso ergogênico, desempenho físico

INTRODUÇÃO

Os efeitos ergogênicos da ingestão de CHO durante o exercício de endurance estão relacionados, principalmente, à manutenção da glicemia e ao efeito poupador de glicogênio hepático e muscular, contribuindo para retardar o surgimento da fadiga (COYLE, E. F. et al., 1986; JEUKENDRUP, A. 2004a, 2004b; ROLLO, I. et al., 2011).

Desde os primeiros estudos que encontraram benefícios sobre o desempenho esportivo associados à ingestão de carboidratos (CHO), na forma de suplementos ou através de manipulação dietética (KROGH, A. et al., 1920; BERGSTRÖM, J. et al., 1967), vários pesquisadores observaram que utilizar suplementos à base de CHO, associados ou não à manipulação dietética, pode ser um fator essencial para melhorar o desempenho esportivo, principalmente em exercícios de endurance (RAMONAS A. et al., 2023; JEUKENDRUP, A., 2014; BURKE, L. M. et al., 2017; DOS SANTOS, M. P, et al., 2019; LEARSI, et al., 2019).

Geralmente, os CHO são utilizados dias antes do exercício (HAWLEY, J. A. et al., 1997), horas a minutos antes (NEWELL, M. L. et al., 2018), durante (CURRELL, K. et al., 2008) ou de forma combinada (antes e durante) (BROUNS, F. et al., 1991). Além da ingestão, o bochecho com CHO também tem sido utilizado como protocolo de suplementação, com o objetivo de melhorar o desempenho atlético (DE ATAIDE E SILVA, T. et al., 2014; 2016). Nesse sentido, diferentes protocolos de ingestão de CHO é comum dentro do ambiente esportivo. Contudo, algumas investigações envolvendo diferentes estratégias de utilização de CHO como recurso ergogênico não encontraram melhorias sobre o desempenho esportivo para provas de ciclismo contrarrelógio (CORREIA-OLIVEIRA et al., 2013) ou observaram um efeito prejudicial da suplementação de CHO pré-exercício (15 min antes do TT) (SHEI et al., 2018). Com isso, fica evidente que há resultados conflitantes e dependentes das características do

exercício realizado em torno da utilização de CHO como recurso potencializador do desempenho.

Um fator importante parece ser o teor de CHO presente nas refeições anteriores aos testes esportivos. Supõe-se que atletas com padrão de ingestão dietético com alto teor de lipídios e que, portanto, são “adaptados” a utilizar gordura como substrato energético seriam menos responsivos à suplementação de CHO e, assim, poderiam não se beneficiar da suplementação como os atletas que ingerem dietas com alto teor de carboidrato, ou seja, o consumo alimentar habitual dos indivíduos pode exercer influência sobre os resultados (WEBSTER, C. C. et al., 2018; GOEDECKE, J. H. et al., 1999; BURKE, L. M. et al., 2002; PHINNEY, S. D. et al., 1983). Assim, para que a suplementação de CHO exerça efetivamente seu potencial ergogênico, entende-se que seja necessário considerar, além de fatores como o tipo, a intensidade, a duração do exercício, o nível de treinamento do indivíduo, o momento de real necessidade de suplementação e a quantidade e o tipo de CHO, os hábitos alimentares do atleta e suas características individuais.

Diante disso, é necessário identificar se os estudos, ao avaliarem o efeito da suplementação de CHO sobre o desempenho físico, consideram a alimentação prévia dos participantes na análise e interpretação de seus achados, que foi o objetivo desta revisão. Nossa hipótese é que os autores que investigaram o efeito da suplementação dos carboidratos sobre o desempenho, não consideram a alimentação habitual dos indivíduos nas análises de seus achados.

MÉTODOS

Estratégia de busca

A busca dos estudos foi realizada por dois avaliadores independentes nas seguintes bases de dados eletrônicas: Livraria Nacional dos Estados Unidos de Medicina - PubMed, Livraria Eletrônica Científica Online - SciELO, *Biomedical Answers* - EMBASE, *Cochrane Library*, *Web of Science* - WoS, SPORTDiscus – EBSCO e Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde - LILACS. Os operadores booleanos “AND” e “OR” foram usados para combinação dos descritores e termos no rastreamento das publicações. Não houve limite de busca quanto ao ano de publicação ou idioma. A estratégia de busca utilizada nas

bases de dados segue descrita: *cyclists AND male AND carbohydrate supplementation OR carbohydrate intake OR carbohydrate consumption AND athletic performance AND time trial OR cycle*.

Exceto na Cochrane Library, onde a estratégia de busca utilizada foi *cyclists AND carbohydrate supplementation OR carbohydrate ingestion AND exercise performance*. Na base de dados WoS, foram utilizados os seguintes filtros: *sports scienc AND nutrition AND Dietetics*; na base de dados Pub Med foi utilizado o filtro de faixa etária (adultos de 19 a 45 anos).

Inicialmente, os estudos foram excluídos por título e resumo, e os estudos potencialmente elegíveis foram recuperados para avaliação completa. O programa de gerenciamento de referências Mendeley Desktop (v1.19.5, Elsevier, Amsterdam, Netherlands) foi utilizado para operacionalizar esta etapa.

Critérios de elegibilidade

Foram adotados os seguintes critérios de inclusão: ser um ensaio clínico randomizado, publicado em um periódico revisado por pares; ter avaliado o efeito da suplementação de CHO sobre o desempenho físico de homens em provas de ciclismo de *Endurance* (provas com duração superior a 70 s, incluindo testes de carga constante e/ou contrarrelógio, tempo até a exaustão, HIIT); ter utilizado apenas o carboidrato, sem adição de outro nutriente ou composto com potencial ergogênico; ter amostra composta por homens saudáveis com idade entre 18 e 45 anos. Possuir grupo controle ou um placebo. Estudos onde os indivíduos bochecharam o carboidrato foram excluídos.

Extração de Dados e Síntese

Foram extraídas dos estudos as características da amostra (tamanho, nível de treinamento), protocolo de exercício, protocolo dietético utilizado (estratégia de suplementação: quantidade, tipo de carboidrato, frequência de oferta), avaliação da presença de desconforto gastrointestinal, descrição da alimentação prévia ao protocolo de suplementação adotado, se houve consideração da alimentação prévia na interpretação dos resultados e resultados de desempenho (Tabela 1).

Avaliação da qualidade metodológica

Para avaliar a qualidade metodológica dos artigos selecionados foi utilizada a ferramenta QualSyst [28], que consiste em uma tabela com 14 itens que avalia vários aspectos dos trabalhos e, assim, gera um *score* baseado nos valores obtidos (*Yes*=2, *Partial*=1 e *NO*=0). Os cálculos foram realizados da seguinte forma: soma total = (número de "sim" x 2) + (número de "parciais" x 1); soma total possível = 28 - (número de "N/A" x 2). Pontuação resumida: soma total / soma total possível. Ao final dos cálculos os resultados foram comparados com índices de qualidade pré-estabelecidos, como segue: >75% qualidade forte, 55-75% qualidade moderada e < 55% qualidade fraca.

RESULTADOS

Foram encontrados 246.910 estudos. Após a exclusão das duplicatas, 246.770 estudos foram avaliados quanto ao título e resumo. Destes, 59 atenderam potencialmente aos critérios de seleção e, após a leitura do texto completo, 21 estudos foram incluídos nas análises. O fluxograma da seleção dos estudos está apresentado na Figura 1. As características dos estudos são apresentadas na Tabela 1.

Protocolo de exercício e Nível de treinamento

Os protocolos de exercício utilizados nos estudos analisados seguem descritos com detalhes na tabela 1, os quais incluíram testes de *time trial* (TT) e/ou carga constante (CC), avaliando o desempenho através do tempo, distância percorrida ou total de trabalho completado, *sprints*, considerando produção de trabalho ou distância percorrida, repetições até a fadiga/exaustão, considerando o tempo até a exaustão, testes intermitentes de alta intensidade (HIIT) e testes de Wingate, considerando a potência.

Em relação ao nível de treinamento, 16 estudos avaliaram indivíduos treinados (RAMONAS A, et al. 2023; BAKER, S. K. Et al., 1994; COGGAN, A R. Et al. 1989; MOSELEY, L, et al. 2003; ELSAYED, M S, et al. 1997; STANNARD, S R, et al. 2009; JENTJENS, R. L. P. G., et al. 2003; HALSON, SHONA L, et al. 2004; NEWELL, M. L, et al. 2015; DUMKE, C. L., et al. 2007; NEWELL, M. Et al. 2018; CURRELL, K, et al. 2008; SHEI, REN-JAY, et al. 2017; BACHARACH, D W,

et al. 1994; EL-SAYED, MAHMOUD S, et al. 1995; BRUNDLE, S, et al. 2000) e cinco avaliaram indivíduos fisicamente ativos (NISHIBATA, I. et al., 1993; HEESCH, M. W. S, et al. 2014; SUGIURA, K, et al., 1998; TERADA, S, et al., 1999; BASTOS-SILVA, V. J., et al., 2016).

Protocolo de suplementação e Registro alimentar

Todos os estudos incluídos na presente revisão utilizaram apenas solução de CHO no grupo suplementado ou PLA no grupo controle. (Tabela 1).

Em relação a alimentação habitual dos indivíduos avaliados nos estudos, apenas quatro estudos a descreveram (NISHIBATA et al., 1993; BACKER et al., 1994; HALSON et al., 2004; DUNKE et al., 2007). No estudo mais atual desta revisão, os autores orientam os participantes da pesquisa a registrar e manter a dieta habitual 24h antes dos testes, porém não disponibilizam em seu estudo a descrição destas dietas (RAMONAS et al., 2023).

No único estudo que considerou a alimentação prévia dos voluntários na análise de seus resultados, foram realizados registros alimentares nos três dias que antecederam os testes experimentais, e a suplementação de CHO foi feita imediatamente e duas horas após o exercício (BAKER et al., 1994).

Desempenho Esportivo

Resultados positivos foram observados em 13 estudos dos 21 que utilizaram a suplementação de CHO (RAMONAS et al., 2023; NEWELL et al., 2018; NEWELL et al. 2015; HEESCH et al. 2014; CURREL et al., 2008; DUMKE et al. 2007; HALSON et al. 2004; TERADA et al., 1999; SUGIURA et al. 1998; EL-SAUED et al., 1995; BACKER et al., 1994). Por outro lado, seis estudos não observaram efeitos ergogênicos. Além disso, nos estudos de Stannard et al. (2009) e Shei et al. (2017) o desempenho foi prejudicado, nesses estudos a suplementação foi realizada sem considerar o consumo habitual ou controle dietético nos dias anteriores aos protocolos de exercício, assim como também

não foram realizados registros alimentares, portanto nada se sabia sobre o perfil de consumo alimentar dos indivíduos avaliados.

Desconforto gastrointestinal

O desconforto gastrointestinal foi avaliado nos estudos de Sugiura et al. (1998), Moseley et al. (2003), Shei eta al. (2017) e Starnnad et al. (2009). Destes, apenas dois consideraram o desconforto na análise de seus resultados (SUGIURA et al.,1998; MOSELEY et al., 2003). Os demais autores discutem brevemente uma possível associação das doses de CHO administradas com o desconforto e os resultados de desempenho encontrados, porém não descrevem se houve avaliação.

Figura 1. Fluxograma de Seleção dos Estudos:

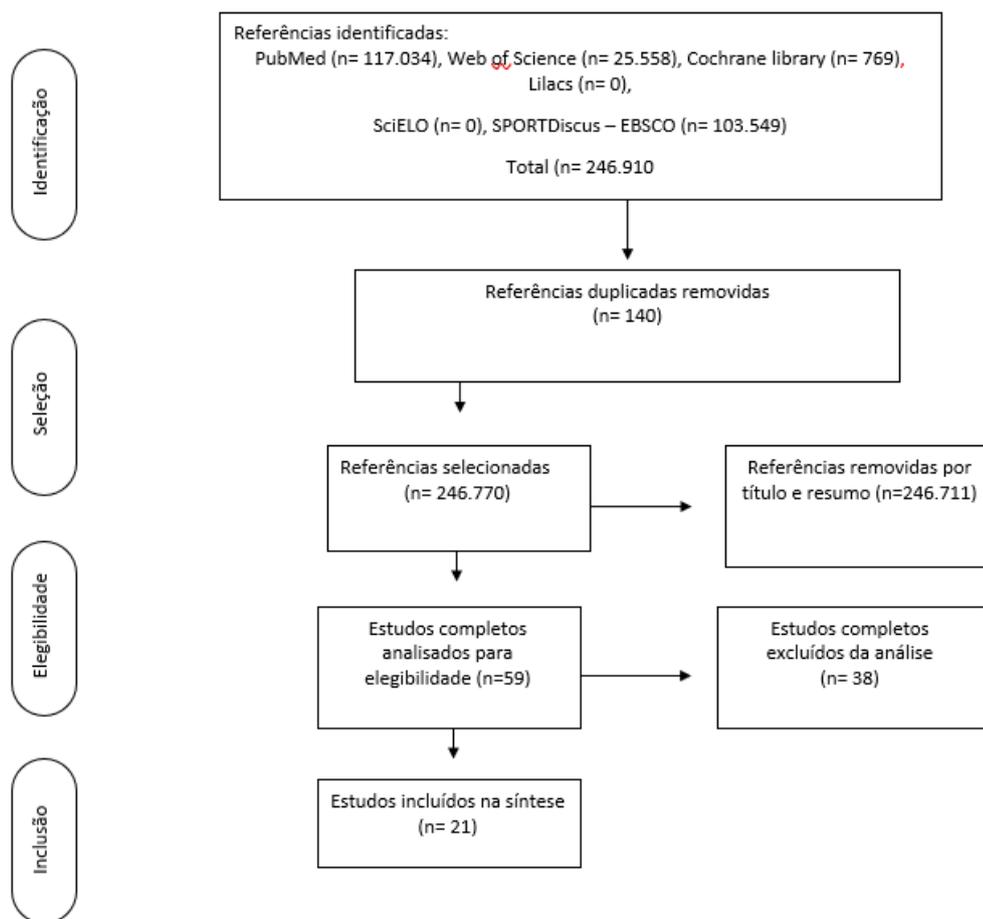


Tabela 1. Resumo dos estudos que avaliaram o efeito da suplementação de CHO sobre o desempenho físico de homens em provas de ciclismo de *endurance*.

Autor	Amostra (N)	T	Protocolo de Exercício	Tempo	Suplementação	Desconforto gástrico	Alimentação Prévia / Considerou?	Desempenho
-------	-------------	---	------------------------	-------	---------------	----------------------	----------------------------------	------------

Terada et al. (1999)		A	CC (100 min a 59% VO _{2máx}) + TT (10 min)	2H	Antes e a 20, 40, 65, 85 min do exercício: PLA: aspartame GLI: 8% de glicose FRU: 8% de frutose	NI	NI / NÃO	SI M. Produção total de trabalho/desempenho
Burke et al. (2000)			TT: 100 km (5 x <i>Sprints</i> (1 km) após 10, 32, 52, 72 e 99 km + 4 x <i>Sprints</i> (4 km) após 20, 40, 60 e 80 km	2-14H	2h antes do Café da manhã: 2g/kg CHO	NI	NI / NÃO	N ão. Tempo para completar o TT/desempenho
Jentjens, et al. 2003			CC (20 min a 65 % VO ₂ max) + TT (702 KJ)	0-12H	45 min antes: CHO: 75g de glicose, galactose ou trealose - 500 MI	NI	NI / NÃO	N ão. Tempo para completar o TT/desempenho
Moseley, L, et al. 2003			CC: 20 min a 65% do VO ₂ max + TT (685 KJ)	2H	Aos 15, 45 ou 75 min antes: CHO: 75g de GLI (dextrose monohidratada)	SI M	NI / NÃO	N ão. Tempo para completar o TT
Harrison et al. (2004)			CC até exaustão (74% VO _{2max})	0H	Antes e a cada hora do exercício: H-CHO: antes: 500 ml solução a 6,4% de CHO (NI) + a cada hora de exercício: 500 ml + na primeira hora após o exercício: 1000 ml solução a 20% de CHO L-CHO: 2% de CHO (NI)	NI	8 RA: H-CHO: CHO: 70,1% PTN: 10% LIP: 20,3% L-CHO: CHO: 62,1% PTN: 13% LIP: 24,8% / NÃO	SI M. Tempo até exaustão
Dumke et al. (2007)	5		CC (2,5h a 60% do VO _{2max})	4H	Imediatamente antes (12 ml/kg) e durante, a cada 15 min (4 ml/kg) o exercício: PLA: solução adoçada (NI) CHO: Bebida esportiva (6% de sacarose)	NI	3 RA: CHO: 54,2% PTN: 16,1% LIP: 28,4% / NÃO	SI M. Manutenção do trabalho

Currel et al. (2008)			CC (120 min a 55% VO _{2máx}) + TT (60 min)	I	A cada 15 min do exercício: PLA: NI GLI (1,8g/min): 14,4% glicose GLI + FRU (1,8g/min): 2:1	NI	NI / NÃO	SI M. Tempo para completar o TT/ desempenho
Starnad et al. (2009)			CC (120 min. a 65% VO _{2max}) + TT (KJ~ 80% do VO _{2máx})	OTURNO	45 min antes (1,0 g/kg de CHO nos primeiros 120 min e ao final do TT): GLUC/FRU : glicose 80% + frutose 20% GLUC/GAL : glicose 50% + galactose 50% GAL : 100% de galactose	SI M	NI	P REJUÍZO. Tempo para completar o TT/ desempenho
Heesch et al. (2014)		A	CC (2h a 60% VO _{2max}) + TT (10 km)	H	A cada 15 min do exercício: PLA: 250 ml de solução adoçada (aspartame) IP-CHO: 250 mL com 6% de maltodextrina (1 ^ª h de teste) + 250 ml de PLA (2 ^ª h de teste); IT-CHO: 250 mL de PLA (1 ^ª h de teste) + 250 ml com 6% de matodextrina (2 ^ª h de teste) ID-CHO: 250 mL, 3% de maltodextrina durante 2h de teste	NI	NI / NÃO	SI M. Tempo para completar o TT/ desempenho
Newel et al. (2015)	0		CC (120 min a 95% VO _{2max}) + TT (531 ± 48 KJ)	0H	2 min antes e a cada 15 min do exercício: CHO 0%: água CHO 2%: 30g/h de glicose CHO 3,9%: 39g/kg de glicose CHO 6,4%: 64g/kg de glicose	NI	NI / NÃO	SI M. Tempo para completar o TT/ desempenho

Bastos-Silva, et al. 2016	0	A	CC (110% da potência máxima até a exaustão)	h	30 min antes: CHO: 200 mL de água + 2 g/kg de malto PLA: NI	NI	NI / NÃO	NÃO. Tempo até a exaustão
Shelton et al. (2017)	6		3 x TT 4 km, separadas por 15 minutos de recuperação ativa	H	15 min antes do TT1; ou TT2; ou TT3: PLA: solução adoçada (NI) CHO: 16% (80g sacarose + 500ml de água)	SI M	NI / NÃO	P REJUDICIAL. Tempo para completar o TT/ desempenho
Newell et al. (2018)	0		CC (120 min a 95% VO_{2max}) + TT (531±48 KJ)	OH	2 min antes e a cada 15 min e no final (120 min) do exercício: CON: água CHO 2%: 20g glicose CHO 3,9%: 39g glicose CHO 6,4%: 64g glicose	NI	NI / NÃO	SI M. Tempo para completar o TT/ desempenho
Ramonas A, et al. 2023			Protocolo para depleção de glicogênio: 100 min de exercícios contínuos pedal a 60/70% de intensidade de PPO (10 min a 60% de PPO, 6,5 min a 65%, 1,5 min a 70% PPO e 2 min a 30% PPO, repetido cinco vezes). HIIT: 5 x 2 min a 80% da PPO, 3 x 10 min de ciclismo em SS (50, 55, 60% PPO) e um teste de TTE.	h	15 min antes e a cada 15 min durante o exercício, ingestão de SUPL: dextrose a 6% (60 g.hr ⁻¹) ou PLA.	NI	Orientados a registrar e manter a dieta habitual / NÃO	SI M. Tempo até a exaustão

N: amostra; NT: nível de treinamento; TGI: Trato gastrointestinal; FA: Fisicamente Ativo; T: Treinado; NI: não informado; NA: não se aplica; TAE: tempo até a exaustão; PPO: pico de potência; CC: Carga Constante; HIT: exercício de alta intensidade; TT: *time trial*; HIIT: Exercício intermitente e intervalado de alta intensidade; KM: quilômetros; KJ: kilojoules; KG: quilogramas; MIN: minutos; CHO: carboidrato; PTN: proteína; LIP: lipídeo; LCHO: carboidrato líquido; SCHO: carboidrato sólido; PLA: placebo; KCAL: quilocalorias; EXP: teste experimental; L-CHO: baixo carboidrato; H-CHO: alto carboidrato; M-CHO: moderado carboidrato; SAC: sacarose; CHO-D: dosagem de carboidrato; CHO-F: frequência de carboidrato; GLI: glicose; FRU: frutose; GAL: galactose; TRE: trealose; IP-CHO: ingestão precoce; IT-CHO: ingestão tardia; ID-CHO: ingestão durante todo o teste; IT: ingestão total; CON: controle; RAs: registros alimentares

DISCUSSÃO

A presente revisão objetivou verificar na literatura científica se os estudos que avaliam a influência da suplementação de CHO sobre o desempenho físico em provas de ciclismo consideram a alimentação prévia (meses ou dias antes do teste) dos sujeitos submetidos às intervenções, na análise de seus resultados. Como achado principal, foi identificado que dos 21 estudos analisados, apenas um considerou a alimentação prévia dos indivíduos avaliados na discussão dos resultados encontrados.

No estudo onde a alimentação habitual dos indivíduos avaliados foi considerada na discussão dos resultados, os investigadores utilizaram suplementação de CHO imediatamente e duas horas após o exercício, registros alimentares durante os três dias anteriores aos testes foram realizados. Os resultados de desempenho foram positivos, podendo estar relacionados às características da suplementação que apresentou dosagem e momento projetados para otimizar a reposição de glicogênio no músculo pós-exercício, complementando o consumo habitual dos sujeitos (Baker et al. 1994). Tal consumo foi considerado abaixo das recomendações, em relação ao teor de CHO recomendado para ciclistas competitivos. A suplementação contribuiu, portanto, para o fornecimento de quantidades ótimas (recomendadas) de CHO necessários para a ressíntese de glicogênio. Dessa maneira, os autores sugerem que conhecer os hábitos alimentares dos indivíduos e a partir disso utilizar a suplementação pós-exercício pode ser uma boa estratégia para retardar a fadiga e permitir um melhor desempenho no treinamento diário.

Como na investigação de Baker et al. (1994), 13 investigações também observaram resultados satisfatórios para o desempenho físico ao suplementar os indivíduos (RAMONAS et al. 2023; NEWELL et al. 2018; NEWELL et al. 2015; HEESCH et al. 2014; CURREL et al. 2008; DUMKE et al. 2007; HALSON et al. 2004; TERADA et al. 1999; SUGIURA et al. 1998; EL-SAUED et al. 1995; BACKER et al. 1994) Por outro lado, seis estudos não observaram efeitos ergogênicos e nos estudos de Stannard et al. (2009) e Shei et al. (2017) o desempenho chegou a ser prejudicado.

Estes resultados conflitantes podem estar relacionados a diversos fatores, os quais, na maioria dos estudos aqui analisados, não foi levado em consideração

ou o fez de forma superficial como a avaliação da alimentação prévia dos indivíduos, particularmente a alimentação habitual. Além disso, os autores também não verificaram de forma prioritária a real necessidade de suplementação, a quantidade e tipo de CHO utilizado, a presença de desconforto gastrointestinal, o qual foi avaliado apenas em dois estudos (SUGIURA et al., 1998; MOSELEY et al., 2003), e, ainda, fatores relacionados à escolha dos protocolos de exercício/treinamento utilizados. Considerando que todos esses fatores são influenciadores do desempenho esportivo, a não apreciação destes pode levar a obtenção de resultados conflitantes em torno da utilização dos CHO como recurso ergogênico. Apesar disso, o uso indiscriminado e crescente de suplementos tem aumentado entre os atletas amadores e também entre os de elite. Como observado por Morrison et al. (2004), 84,7% dos frequentadores de uma academia de Long Island, NY, faziam uso de suplementos.

Mais recentemente, um estudo realizado com atletas de elite do Canadá, Estados Unidos, Austrália, Japão e Finlândia, ao avaliar estratégias nutricionais utilizadas por atletas, identificaram que 58% dos atletas ingeriam CHO durante o treinamento. A maioria dos atletas (83%) relatou seguir uma dieta específica antes e durante o dia da competição, com metade deles apresentando maior interesse pelos CHO, e apenas 32% relatou ter recebido orientação de um profissional. Além disso, muitos deles utilizavam as estratégias nutricionais objetivando, principalmente, a melhora do desempenho durante o treinamento e competição, seguida do interesse no uso da nutrição para manipular a composição corporal e/ou prevenir doenças/lesões (HEIKURA, et al., 2018).

De fato, por muito tempo as orientações nutricionais para atletas de resistência se concentraram em estratégias para alcançar continuamente alta disponibilidade de CHO, considerando principalmente seu papel como um combustível essencial para o músculo e o cérebro (COYLE, E. F., 1991), porém recomendações mais recentes (THOMAS, D. T., ERDMAN, K. A., AND BURKE, L. M., 2016; BURKE, L. M. et al., 2019) reconhecem que uma orientação universal é inadequada devido à natureza variável das atividades esportivas. Sendo assim, a quantidade e o momento de ingestão de CHO devem ser prescritos de acordo com a necessidade de combustível prevista para determinado tipo de exercício (ARETA, J. L.; HOPKINS, W. G., 2018), personalizada ao atleta e periodizada dentro dos vários micro e macrociclos de treinamento (BURKE, L. M., 2017)

considerando que a alta disponibilidade de CHO pode ser benéfica para sessões de competição e treinamento específicos (THOMAS, D. T. et al., 2016).

De certo, o alto consumo de CHO pode não ser tão interessante em determinadas ocasiões, e outros macronutrientes como as gorduras entram como um substrato energético, cuja utilização pode ser influenciada pelo perfil alimentar do indivíduo. Como observado por Burke et al. (2000), cinco dias de uma dieta com alto teor de gordura (2,4g/kg) e baixo teor de CHO (0,7g/kg) em indivíduos bem treinados, causou acentuada mudança na utilização do substrato energético durante exercícios submáximos prolongados, provocando um aumento de quase duas vezes na taxa de oxidação de gordura durante o exercício. Tais mudanças na oxidação do substrato energético foram independentes da disponibilidade de CHO, uma vez que uma maior taxa de oxidação de gordura persistiu mesmo depois da restauração subsequente da concentração de glicogênio muscular após um dia de alta ingestão de CHO (9,6g/kg) (BURKE L. M. et al., 2000).

Bem como, em um estudo de caso realizado posteriormente, foi documentado o desempenho de um atleta de elite, bem adaptado à gordura, ao reintroduzir a ingestão de CHO durante o treinamento de alta intensidade. O atleta seguiu uma dieta restrita, com baixo teor de CHO (80g/dia) e alto teor de gordura (LCHF) por dois anos, treinando e competindo apenas com ingestão de água. Foi testado se a suplementação de CHO durante o exercício aumentaria ainda mais seu desempenho de alta intensidade sem afetar sua adaptação à gordura. Os resultados demonstraram que em comparação com o LCHF, o tempo de TT de 20 km melhorou 2,8% após o LCHF + CHO, mas não houve alteração no sprint de 30 s; houve uma pequena melhoria no poder de sprint de 4 min (1,6%); e uma pequena redução no tempo de 100 km TT (1,1%). Com isso, os autores concluíram que a ingestão de CHO durante o exercício provavelmente foi benéfica para esse atleta adaptado à gordura durante exercícios de alta intensidade do tipo resistência (4-30 min), mas provavelmente não beneficiou seu sprint curto ou desempenho de resistência prolongado (WEBSTER et al., 2018).

Seguindo essa mesma linha de investigação, atualmente também foi documentado resultados semelhantes ao avaliar as respostas metabólicas e de desempenho ao completar um HIIT com ou sem suplementação de CHO em um estado de depleção de glicogênio (Ramonas, et al., 2023). Os autores concluíram que o consumo de CHO antes e durante o exercício sob condições reduzidas de

glicogênio muscular não suprimiu a oxidação de gordura, no entanto, a ingestão de CHO proporcionou um benefício de desempenho sob condições de exercício intenso.

Tais respostas relacionadas ao consumo periodizado dos macronutrientes pode estar relacionada a adaptações moleculares, como observado em várias revisões (PHILP, A., et al., 2011; BARTLETT, J. D. et al., 2015; HEARRIS, M. A. et al., 2018; IMPEY, S. G. et al., 2018). O treinamento estratégico com baixa disponibilidade de CHO durante e/ou após as sessões de exercícios pode regular positivamente a atividade de moléculas-chave nas respostas adaptativas ao exercício e na expressão gênica (HEIKURA, I, A. et al., 2018). tais adaptações moleculares não estão apenas relacionadas ao consumo de CHO e lipídeos, mas, também, aos protocolos de exercícios utilizados.

A realização de duas sessões de exercício, separadas apenas por três horas, sendo a primeira sessão para esgotamento das reservas de glicogênio muscular, aumenta a abundância do fator de transcrição EB (TFEB) e do fator nuclear das proteínas das células T ativadas (NFAT) no núcleo, assim como potencializa a transcrição de receptores ativados por proliferadores de peroxissomo alpha coativador 1 alfa (PGC-1a), receptor ativado por proliferador de peroxissomo (PPAR α) e receptor beta/delta ativado por proliferador de peroxissomo (PPAR β/δ) - genes que foram associados à biogênese mitocondrial e ao metabolismo da gordura (ANDRADE-SOUZA et al., 2019). Ainda, Ghiarone et al. (2019) ao compararem dois diferentes modelos de “treinar baixo” (abordagens duas vezes ao dia vs uma vez ao dia) e seus efeitos na biogênese mitocondrial confirmaram que as adaptações relacionadas ao metabolismo oxidativo foram melhoradas quando a estratégia “treinar baixo” foi associada ao treinamento duas vezes ao dia; além das melhorias na eficiência mitocondrial, foi observada uma redução na percepção subjetiva ao esforço.

Além disso, como sugerido por alguns autores, a suplementação de CHO durante o exercício pode não ter apenas efeitos positivos, pois o uso crônico durante o exercício pode limitar as adaptações do treinamento (Jeukendrup et al., 2017). A ingestão prolongada de glicose, por exemplo, pode afetar negativamente a expressão de genes relevantes, atenuando o aumento da AMPK, o que poderia levar a uma redução da atividade da citrato sintase - SC e ao acúmulo de glicogênio muscular, dois marcadores comuns da adaptação ao treinamento (

AKERSTROM TC, BIRK JB, KLEIN DK, et al. 2006; WINDER, W.W.; HOLMES, B.F.; RUBINK, D.S. et al. 2000; HOLMES, B.F.; KURTH-KRACZEK, E.J.; WINDER, W.W. 1999).

Diante do exposto, pode-se considerar a periodização nutricional, definida como: [...] o uso planejado, intencional e estratégico de intervenções nutricionais específicas para aprimorar as adaptações direcionadas por sessões de exercícios individuais ou planos de treinamento periódicos, ou para obter outros efeitos que melhorem o desempenho a longo prazo, uma forma mais adequada de realizar intervenções nutricionais e obter resultados mais satisfatórios (HEIKURA, et al. 2018; MARQUET, L. A. et al. 2016; JEUKENDRUP et al., 2017). Contudo, a periodização nutricional deve estar integrada ao programa de treinamento periodizado, considerando todos os determinantes, gerais e específicos do desempenho esportivo do atleta (BURKE, L.M. et al., 2018; STELLINGWERFF, T. 2018).

A periodização nutricional também pode contribuir para o treinamento intestinal, importante estratégia que pode levar a um aumento na tolerância da ingestão de grandes quantidades de CHO e líquidos, durante o exercício (COX, G. R. et al. 2010; JEUKENDRUP, A. 2014), evitando problemas gastrointestinais que são muito comuns entre atletas de resistência (GHIARONE T. et al. 2019). O alto consumo de CHO associado à suplementação talvez não seja bem tolerado por indivíduos que não costumam consumir altas doses de CHO, principalmente durante o exercício, como por exemplo, indivíduos que passaram pela estratégia train low, e sintomas como inchaço, cólicas, diarreia e vômito podem ser muito frequentes (NEUFER, P. D. et al. 1987) e potencializados pelo calor e pela desidratação, o que pode influenciar negativamente o desempenho esportivo. Considerando que o trato GI desempenha um papel crítico no fornecimento de carboidratos e líquidos para o músculo, pode ser um determinante importante do desempenho.

Entretanto, não só a ingestão de CHO, mas a ingestão alimentar como um todo parece contribuir para a ocorrência ou atenuação de problemas GI, como a ingestão de fibras, ingestão de lipídeos, além de soluções altamente concentradas de carboidratos. Sendo assim, conhecer e considerar os hábitos alimentares dos indivíduos, assim como a presença de desconforto gastrointestinal, é de fundamental importância quando se pretende utilizar

intervenções dietéticas com o objetivo de aprimorar o desempenho esportivo (JEUKENDRUP, A. 2019). Apesar disso, como confirmado pela presente revisão, os estudos envolvendo estratégias de suplementação de CHO não consideram tais questões, o que dificulta a obtenção de resultados conclusivos do real efeito dessas estratégias sobre o desempenho esportivo.

Desse modo, parece evidente a influência que a alimentação habitual/prévia exerce sobre as intervenções nutricionais utilizadas para a melhoria do desempenho físico. Portanto, torna-se necessário considerar que a resposta a um determinado suplemento ou a qualquer intervenção dietética pode ser parcialmente dependente e influenciada por vários fatores relacionados aos indivíduos, inclusive seus hábitos alimentares. Dessa maneira, atletas e profissionais que utilizam esse método de intervenção para obter o desempenho máximo devem estar atentos a esta questão. No entanto, a realização de estudos mais longos, com desenhos mais específicos, desenvolvidos para diferentes modalidades esportivas, com maior número de indivíduos, ainda é necessária. Segundo Jenkeudrup et al. (2017): “Em um ponto da história, a nutrição era uma parte tão importante da preparação dos atletas que a definição de treinamento estava mais relacionada à dieta do que à própria preparação física.” Atualmente, a nutrição esportiva ainda é um campo bem vasto de investigação, caso os estudos fossem desenhados a partir dessa perspectiva, seriam ampliadas em muito as possibilidades de intervenção, a partir de resultados mais conclusivos, com recomendações mais específicas, gerando respostas mais satisfatórias, colocando a saúde do indivíduo sempre como prioridade.

CONCLUSÃO

Dos vinte e um estudos analisados, apenas um considerou a alimentação prévia dos indivíduos na eficácia da suplementação de CHO sobre o desempenho em provas de ciclismo.

REFERÊNCIAS

Akerstrom TC, Birk JB, Klein DK, et al. Oral glucose intake attenuates the exercise-induced activation of 5'-AMP-activated protein kinase in human skeletal muscle. *Biochem Biophys Res Commun.* 2006; 342: 949–55;

Andrade-Souza, V.A.; Ghiarone, T.; Sansonio, A.; Silva, K. A. S.; Tomazini, F.; Arcoverde, L.; Fyfe, J.; Perri, E.; Saner, N.; Kuang, J.; Bertuzzi, R.; Leandro, C.G.; Bishop, D.J.; Lima-Silva, A.E. Exercise twice-a-day potentiates skeletal muscle signalling responses associated with mitochondrial biogenesis in humans, which are independent of lowered muscle glycogen content. *The FASEB Journal*, 2019, doi: 10.1096/fj.201901207RR;

Areta, J. L.; Hopkins, W. G. Skeletal muscle glycogen content at rest and during endurance exercise in humans: a meta-analysis. *Sports Med.* 2018, 48, 2091–2102. doi: 10.1007/s40279-018-0941-1;

Bartlett, J. D.; Hawley, J. A.; Morton, J. P. Carbohydrate availability and exercise training adaptation: too much of a good thing? *Eur. J. Sport Sci.* 2015, 15, 3–12. doi: 10.1080/17461391.2014.920926;

Bergström, J. et al. Diet, Muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiologica Scandinavica*, [s. l.], 1967, v. 71, n. 2–3, p. 140–150.;

Brouns, F.; Saris, W. H. M.; Ten Hoor, F. Effect of diet manipulation on metabolic changes and performance in competitive cyclists. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, v. 4, n. 1, 1991, p. 69–77;

Burke LM, Angus DJ, Cox GR, Cummings NK, Febbraio MA, Gawthorn K, Hawley JA, Minehan M, Martin DT & Hargreaves M. Effect of fat adaptation and carbohydrate restoration on metabolism and performance during prolonged cycling. *J Appl Physiol* 89, 2000, 2413–2422;

Burke, L. M. et al. Contemporary Nutrition Strategies to Optimize Performance in Distance Runners and Race Walkers. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, v. 29, n. 2, SI, 2019, p. 117–129;

Burke, L. M. et al. Low carbohydrate, high fat diet impairs exercise economy and negates the performance benefit from intensified training in elite race walkers. *The Journal of physiology*, England, 2017, v. 595, n. 9, p. 2785– 2807;

Burke, L. M.; Hawley, J. A.; Angus, D. J.; Cox, G. R.; Clark, S. A.; Cummings, N. K.; Hargreaves, M. Adaptations to the short-term hyperlipid diet persist during exercise, despite the high availability of carbohydrates. *Medicine and Science in Sports & Exercise*, v. 34, n. 1, 2002, p. 83-91;

Correia-Oliveira, C. R. et al. Strategies of Dietary Carbohydrate Manipulation and Their Effects on Performance in Cycling Time Trials. *Sports Medicine*, [s. l.], v. 43, n. 8, 2013, p. 707–719;

Cox, G. R. et al. Daily training with high carbohydrate availability increases exogenous carbohydrate oxidation during endurance cycling. *Journal of Applied Physiology*, v. 109, n. 1, 2010, p. 126–134;

Coyle, E. F. et al. Carbohydrate feeding during prolonged strenuous exercise can delay fatigue. *Journal of Applied Physiology Respiratory Environmental and Exercise Physiology*, v. 55, n. 1 I, 1983, p. 230–235;

Coyle, E. F. Timing and method of increased carbohydrate intake to cope with heavy training, competition and recovery. *J. Sports Sci.* 1991, 9, 29–51; discussion 51–2. doi: 10.1080/02640419108729865;

Currell, K.; Jeukendrup, A. E. Superior endurance performance with ingestion of multiple transportable carbohydrates. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 40, n. 2, 2008, p. 275–281;

De Ataide e Silva, T. et al. Can carbohydrate mouth rinse improve performance during exercise? A systematic review, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), 2014;

De Ataide e Silva, T. et al. CHO Mouth Rinse Ameliorates Neuromuscular Response with Lower Endogenous CHO Stores. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 48, n. 9, 2016, p. 1810–1820;

Dos Santos, M. P.; Spineli, H.; Bastos-Silva, V. J.; Learsy, S. K.; De Araujo, G. G. Ingestion of a drink containing carbohydrate increases the number of bench press repetitions. *REVISTA DE NUTRICAÇÃO-BRAZILIAN JOURNAL OF NUTRITION*, v. 32, 2019;

Fayh, A. P. T. et al. Consumo de suplementos nutricionais por frequentadores de academias da cidade de Porto Alegre. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*, [s. l.], v. 35, n. 1, 2013, p. 27–37;

Ghiarone T.; Andrade-Souza V.A.; Learsy S.K.; Tomazini F.; Ataide-Silva, T.; Sansonio, A.; Fernandes, M.P.; Saraiva, K.L.; Figueiredo, R.C.; Tourneur, Y.; Kuang, J.; Lima-Silva, A.E.; Bishop, D.J. Twice-a-day training improves mitochondrial efficiency, but not mitochondrial biogenesis, compared with once-

daily training. *J Appl Physiol* 127: 713–725, 2019. First published June 27; doi: 10.1152/jappphysiol.00060;

Goedecke, J.H.; Christie, C.; Wilson, G.; Dennis, S.C.; Noakes, T.D.; Hopkins, W.; Lambert, E.V. Metabolic adaptations to a high-fat diet in endurance cyclists. *Metabolism* 48, 1999, 1509–1517;

Hawley, J. A.; Palmer, G. S.; Noakes, T. D. Effects of 3 days of carbohydrate supplementation on muscle glycogen content and utilisation during a 1-h cycling performance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, v. 75, n. 5, 1997, p. 407–412;

Hearris, M. A.; Hammond, K. M.; Fell, J. M.; Morton, J. P. Regulation of muscle glycogen metabolism during exercise: implications for endurance performance and training adaptations. *Nutrients* 10:E298. 2018, doi:10.3390/nu10030298;

Heikura, I, A.; Stellingwerff, T.; Burke L. M. Self-Reported Periodization of Nutrition in Elite Female and Male Runners and Race Walkers. *Front. Physiol.* 2018, 9:1732. doi: 10.3389/fphys.2018.01732;

Holmes, B.F.; Kurth-Kraczek, E.J.; Winder, W.W. A ativação crônica da proteína quinase ativada por 5'-AMP aumenta o GLUT-4, a hexoquinase e o glicogênio no músculo. *J. Appl Physiol.* 1999; 87: 1990–5;

Impey, S. G.; Hearris, M. A.; Hammond, K. M.; Bartlett, J. D., Louis, J., Close, G. L., et al. Fuel for the work required: a theoretical framework for carbohydrate periodization and the glycogen threshold hypothesis. *Sports Med.* 2018, 48, 1031–1048. doi: 10.1007/s40279-018-0867-7;

Jeukendrup, A. A step towards personalized sports nutrition: carbohydrate intake during exercise. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, New Zealand, 2014, v. 44 Suppl 1, p. 25-33;

Jeukendrup, A. Modulation of carbohydrate and fat utilization by diet, exercise and environment. *Biochemical Society transactions*, v. 31, 2004. a. p. 1270–1273;

Jeukendrup, A. E. Carbohydrate intake during exercise and performance. *Nutrition*, v. 20, n. 7–8, 2004.b, p. 669–677,. 70;

Jeukendrup, A. Training the gut. *Sports Med.* 2016. doi: 10.1007/s40279-017-0690-6;

Krogh, A.; Lindhard, J. The relative value of fat and carbohydrate as sources of muscular standard metabolism and the respiratory quotient during rest and work. *Biochem Journal* 1920, v. 14, p. 290–363;

Learsi, S. K. et al. Cycling time trial performance is improved by carbohydrate ingestion during exercise regardless of a fed or fasted state. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, v. 29, n. 5, 2019, p. 651–662;

Neufer, P. D. et al. Improvements in exercise performance: Effects of carbohydrate feedings and diet. *Journal of Applied Physiology*, v. 62, n. 3, 1987, p. 983–988;

Newell, M. L. et al. Metabolic responses to carbohydrate ingestion during exercise: Associations between carbohydrate dose and endurance performance. *Nutrients*, v. 10, n. 1, 2018;

Philp, A.; Burke, L. M.; Baar, K. Altering endogenous carbohydrate availability to support training adaptations. *Nestle Nutr. Inst. Workshop Ser.* 2011, 69, 19–31; discussion 31–7. doi: 10.1159/000329279;

Phinney, S.D.; Bistrian, B.R.; Evans, W.J.; Gervino, E.; Blackburn, G.L. The human metabolic response to chronic ketosis without caloric restriction: preservation of submaximal exercise capacity with reduced carbohydrate oxidation. *Metabolism* 32, 1983, 769–776;

Ramonas A. ; Laursen P. B.; Williden M.; Chang Wee-Leong; Kilding A. E. Carbohydrate intake before and during high intensity exercise with reduced muscle glycogen availability affects the speed of muscle reoxygenation and performance. *European Journal of Applied Physiology* (2023) 123:1479–1494 <https://doi.org/10.1007/s00421-023-05162-y>;

Rollo, I.; Williams, C.; Nevill, M. Influence of ingesting versus mouth rinsing a carbohydrate solution during a 1-h Run. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 43, n. 3, 2011, p. 468–475;

Shei, R. J. et al. Repeated high-intensity cycling performance is unaffected by timing of carbohydrate ingestion. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 32, n. 8, 2018, p. 2243–2249;

Thomas, D. T., Erdman, K. A., and Burke, L. M. Position of the academy of nutrition and dietetics, dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: nutrition and athletic performance. *J Acad. Nutr. Diet.* 2016, 116, 501–528. doi: 10.1016/j.jand.2015.12.006;

Webster, C. C. et al. A Carbohydrate Ingestion Intervention in an Elite Athlete Who Follows a Low-Carbohydrate High-Fat Diet. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SPORTS PHYSIOLOGY AND PERFORMANCE*, v. 13, n. 7, 2018, p. 957–960.

Winder, W.W.; Holmes, B.F.; Rubink, D.S. et al. A ativação da proteína quinase ativada por AMP aumenta as enzimas mitocondriais no músculo esquelético. *J. Appl Physiol.* 2000; 88: 2219-26.