

O USO DO CARBOIDRATO ANTES DA ATIVIDADE FÍSICA COMO RECURSO ERGOGÊNICO: REVISÃO SISTEMÁTICA

USE OF CARBOHYDRATE BEFORE PHYSICAL ACTIVITY AS ERGOGENIC AID:
A SYSTEMATIC REVIEW

EL USO DEL CARBOHIDRATO ANTES DE LA ACTIVIDAD FÍSICA COMO RECURSO ERGOGÉNICO:
REVISIÓN SISTEMÁTICA



ARTIGO DE REVISÃO
REVIEW ARTICLES
ARTÍCULOS DE REVISIÓN

Jeniffer dos Santos Fontan¹
(Nutricionista)

Marselle Bevilacqua Amadio¹
(Nutricionista)

¹ Centro Universitário Senac,
São Paulo, SP, Brasil.

Correspondência:

Rua: Antonio Furquim da Luz, 177,
04658-050, Vila Constancia,
São Paulo, SP, Brasil.
jenifferfontan@gmail.com

RESUMO

A dieta dos atletas requer aporte energético adequado, sendo a principal fonte energética os carboidratos (CHO) que são encontrados livremente na corrente sanguínea ou armazenados nos músculos e no fígado. Com base na rotina de treinos e competições, ou mesmo na quantidade exacerbada de energia necessária, é comum a necessidade de suplementação de CHO, seja na forma de bebidas, géis, barras ou balas energéticas, antes, durante ou depois da atividade física. Devido à importância dos CHO foram reunidos estudos que testaram a suplementação com diferentes CHO antes do exercício para aumento da performance. Foram investigados artigos e teses cuja publicação ocorreu a partir de 2006 em bases científicas eletrônicas e banco de teses de faculdades renomadas na área. Os CHO podem ser divididos segundo a quantidade de moléculas que o compõem, as quais também são diferenciadas também por digestão, absorção, viscosidade, dulçor, índice glicêmico (IG) e oxidação durante a atividade. Comparando-se a taxa de oxidação, foram encontrados melhores resultados quando os CHO ingeridos são de alto teor de IG (glicose e sacarose) e baixo teor de IG (frutose) ao se realizar atividade de média a alta intensidade de longa duração. A ingestão de CHO antes do exercício mostrou-se eficiente nos nove estudos analisados, sendo que dois deles apresentaram relevância ($p < 0,005$). Mesmo com a ingestão de CHO com diferentes IG, observou-se melhora, não sendo relatada hipoglicemia de rebote como teorizado na literatura. A suplementação de CHO com a composição e administração apropriadas mostrou-se eficiente para aumento do desempenho físico.

Palavras-chaves: desempenho atlético, metabolismo dos carboidratos, suplementos dietéticos.

ABSTRACT

The diet of athletes requires adequate energy intake, and the main energy source is carbohydrates (CHOs) which are found freely in the blood stream or stored in muscles and liver. Based on routine training and in competitions or even in the exacerbated amount of energy required, CHO supplementation is usually required, either in the form of energy drinks, gels, bars or candies before, during or after physical activity. Due to the importance of CHO studies were collected that tested different CHOs supplementation before exercise to increase performance. Articles and thesis were investigated whose publication occurred as from 2006 in electronic scientific bases and theses databases of renowned colleges in the area. CHOs can be divided according to the number of molecules that compose it, which are also differentiated by digestion, absorption, viscosity, sweetness, glycemic index (GI) and oxidation during activity. Comparing the rate of oxidation, the best results were found when ingested CHOs are high GI (glucose and sucrose) and low GI (fructose) when performing prolonged activity with medium to high intensity. The CHO intake before exercise was efficient in the nine studies analyzed, two of which showed relevance ($p < 0.005$). Even with the intake of CHO with different GI, improvement was observed and there were no rebound hypoglycemia reports as hypothesized in the literature. CHO supplementation with the appropriate composition and administration proved effective in increasing physical performance.

Keywords: athletic performance, carbohydrate metabolism; dietary supplements.

RESUMEN

La dieta de los atletas requiere aporte energético adecuado, siendo la principal fuente energética los carbohidratos (CHO) que son encontrados libremente en la corriente sanguínea o almacenados en los músculos y en el hígado. Con base en la rutina de ejercicios y competiciones, o aún en la cantidad exacerbada de energía necesaria, es común la necesidad de suplementación de CHO, ya sea en la forma de bebidas, gel, barras o caramelos energéticos, antes, durante o después de la actividad física. Debido a la importancia de los CHO fueron reunidos estudios que probaron la suplementación con diferentes CHO antes del ejercicio para aumento del desempeño. Fueron investigados artículos y tesis cuya publicación ocurrió a partir de 2006 en bases científicas electrónicas y banco de tesis de facultades renombradas en el área. Los CHO pueden ser divididos según la cantidad de moléculas que los componen, las que también son diferenciadas por digestión, absorción, viscosidad, dulzor, índice glucémico (IG) y oxidación durante la actividad. Comparándose la tasa de oxidación, fueron encontrados mejores resultados cuando los CHO ingeridos son de alto tenor de IG (glucosa y sacarosa) y bajo tenor de IG (fructosa) al realizarse actividad de mediana a alta intensidad de larga duración. La ingestión de CHO antes del ejercicio se mostró eficiente en los nueve estudios analizados, siendo que

dos de ellos presentaron relevancia ($p < 0,005$). Aún con la ingestión de CHO con diferentes IG, se observó mejora, no siendo relatada hipoglucemia de rebote como fuera teorizado en la literatura. La suplementación de CHO con la composición y administración apropiadas se mostró eficiente para aumento del desempeño físico.

Palabras clave: rendimento atlético, metabolismo de los carbohidratos, suplementos dietéticos.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1517-86922015210201933>

Artigo recebido em 08/12/2013, aprovado em 22/01/2014.

INTRODUÇÃO

A adoção da conduta nutricional adequada para atletas visa evitar a perda de massa magra e garantir a manutenção da composição corporal adequada para o esporte, bem como evitar a ocorrência de possíveis deficiências nutricionais que venham a interferir no desempenho. Desta forma, a adaptação da dieta para que haja a melhoria neste é alvo de pesquisas constantes, sendo publicados a cada ano centenas de artigos sobre este campo da ciência^{1,2}.

A dieta de atletas, principalmente os de elite, não deve ter em sua alimentação a ingestão de um só alimento, mas o conjunto destes para ter uma dieta nutricionalmente equilibrada³.

Sabe-se que atletas necessitam de um maior aporte quando comparado às pessoas que não praticam nenhuma atividade física. Caso a relação entre a ingestão e o gasto apresentar um balanço energético negativo, isto é, a quantidade energética ingerida for menor que a gastada para realização do metabolismo corporal e atividades físicas, o atleta poderá sofrer alterações corporais, podendo perder massa muscular, apresentar queda do sistema imune e até alterações metabólicas e hormonais^{3,4}.

Devido à necessidade de um aporte maior pelos atletas é comum que haja a ingestão de suplementos dietéticos por eles, seja este realizado antes, durante ou após a atividade física. Estes são classificados como ergogênicos, ou seja, a classe de técnicas mecânicas, de treino, farmacológicas, nutricionais ou psicológicas utilizadas para auxiliar atletas a aumentar a *performance* e/ou adaptações ao treinamento².

Estima-se que 40 a 60% dos atletas no mundo fazem uso de suplementos, incluindo profissionais e amadores⁵. Seu consumo varia entre os diferentes grupos esportivos, sendo relatados a ingestão predominante de creatina, proteína, vitaminas e minerais em esportes de força⁶.

Para sua utilização e comercialização, os suplementos dietéticos devem ser autorizados por organizações e comitês. Estes são classificados como lícitos (utilização liberada) e ilícitos (cuja utilização é proibida), estes regulamentados pela Agência Mundial Antidoping (WADA)⁴.

Dentre os suplementos lícitos cuja efetividade tenha sido comprovada os carboidratos são os mais utilizados, visto que durante a realização da atividade física, a maior proporção de utilização de energia provém dos mesmos⁷.

Estes podem ser ingeridos antes, durante ou depois do exercício, sendo o tempo na qual são ingeridos fator determinante no desempenho de suas funções⁸.

Considerações metabólicas e bioquímicas do carboidrato

Os carboidratos são compostos químicos formados por átomos de carbono (C), oxigênio (O) e hidrogênio (H), sob a estrutura de $(CH_2O)_n$. Os carboidratos podem ser encontrados isolados na forma de monossacarídeos (glicose, frutose e galactose), em pares na forma de dissacarídeos (lactose, sacarose e maltose) ou em grandes quantidades como oligossacarídeos (3 a 9 carbonos) ou polissacarídeos (10 carbonos ou mais)⁹.

Para absorção dos carboidratos no intestino delgado, é necessária sua hidrólise, que inicia-se na boca e acontece devido à ação de enzimas que permitem a quebra das moléculas até sua menor forma, os monossacarídeos⁽⁹⁾.

Os monossacarídeos são absorvidos na membrana borda em escova no intestino delgado por dois transportadores, o SGLT-1 e o

GLUT5 (figura 1). O SGLT-1 é um transportador dependente de sódio (Na^+) e insulina, que apresenta afinidade com os carboidratos glicose e galactose, podendo ter sua absorção saturada quando ingeridos em níveis elevados (valores maiores que 1 g/min). Já o GLUT5, apresenta afinidade somente com a frutose, não dependendo de sódio nem insulina para sua absorção^{10,11}.

Após a absorção intestinal, o carboidrato entra na corrente sanguínea onde é transportado até o fígado para conversão em glicose. Este pode permanecer armazenado no fígado na forma de glicogênio hepático ou ir para corrente sanguínea para utilização pelas células ou mesmo ser captado pelos músculos para armazenamento na forma de glicogênio intramuscular¹².

A capacidade de armazenamento de glicogênio no músculo e no fígado é diferente, sendo o músculo maior responsável por este armazenamento¹³ e com diferença nas fibras musculares¹².

A existência de diferentes tipos de fibras musculares (tipo I, IIA e IIB), além de apontarem diferentes capacidades anaeróbicas e aeróbicas, apresentam uma diferenciação nos estoques de glicogênio, as fibras do tipo IIA e IIB apresentam uma capacidade maior de estoque de 16% se comparadas as fibras do tipo I^{12,14}.

A captação de glicose pelas células corporais é dependente de transportadores específicos (GLUTs), que apresentam afinidade por substratos e distribuição corporal diferenciada¹³. No exercício físico, o transportador que apresenta maior relevância é o GLUT4, já que este é responsável pela captação da glicose sanguínea para dentro dos músculos para serem utilizados como substrato energético. Durante a realização do exercício físico há uma ativação das proteínas armazenadas nas vesículas intracelulares que translocará o transportador GLUT4 para a membrana sarcoplasmática que permitirá a entrada da glicose para as células musculares por meio de difusão facilitada¹⁵.

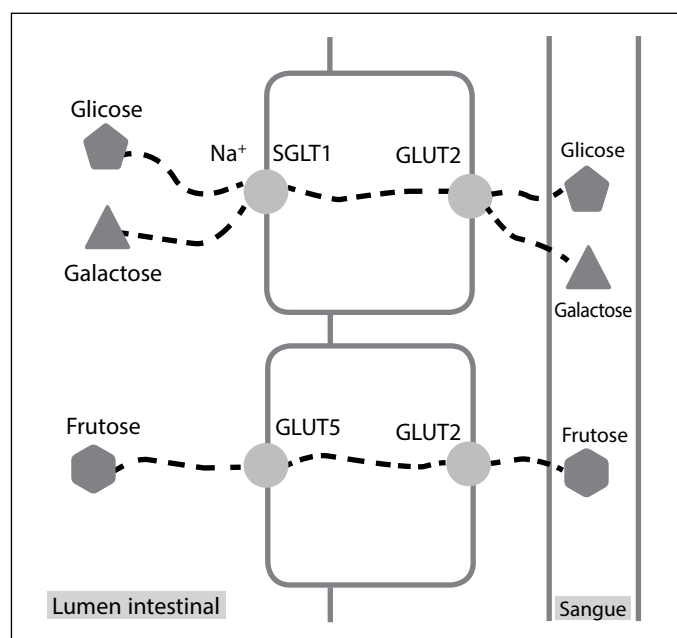


Figura 1. Absorção intestinal dos monossacarídeos glicose (glucose), galactose (galactose) e frutose (fructose) pelos diferentes transportadores SGLT1 e GLUT5.

A glicose dentro do citoplasma das células musculares sofrerá processos oxidativos, iniciando-se com a glicólise, na qual a glicose passará por reações mediadas por enzimas específicas gerando 2 moléculas de piruvato^(12,16). As moléculas de piruvato podem sofrer dois processos distintos: um dependente de oxigênio (O₂) e outro não¹⁶

O processo independente de O₂ terá como produto final o lactato (glicólise anaeróbica). O lactato quando encontra-se aumentado na corrente sanguínea, apresenta relação direta com o declínio da força e *performance*, ocasionando a fadiga. Em exercícios de intensa e longa duração, a concentração de lactato na corrente sanguínea aumenta bruscamente, acarretando prejuízos na *performance*^{12,16,17}.

Quando dependente de O₂ (glicólise aeróbica), o piruvato entra na mitocôndria das células e com a água (H₂O), passa pelo processo de descarboxilação oxidativa transformando-se em acetil-CoA que será oxidada no ciclo do ácido cítrico (ou também denominado ciclo de Krebs) para formação de adenosina trifosfato (ATP) responsável pela produção de energia nas células¹⁸.

Como subprodutos final da reação de uma molécula de glicose, formam-se 8 ATP na reação de glicólise, seja ela anaeróbica ou aeróbica, e no ciclo do ácido cítrico, formam-se 30 moléculas de ATP¹⁸.

Durante o exercício físico, a oxidação de carboidratos para uso como fonte energética será determinada pela intensidade do esforço realizado, sendo utilizadas, em atividade de maior intensidade, maiores quantidades de glicogênio (principal fonte energética, porém com estoques limitados)^{1,7,8}.

Devido às limitações corporais nos estoques de glicogênio e a necessidade aumentada de energia durante o exercício físico, é comum a ingestão de carboidrato para evitar que a depleção dos estoques possa piorar o desempenho dos atletas².

Diferentes carboidratos e o exercício físico

Devido à existência de carboidratos com características distintas, como palatabilidade, características físico-químicas, dulçor, digestão, entre outras, a escolha do tipo para cada situação pode ser importante na otimização de resultados¹⁹.

Nem todos os carboidratos são utilizados e/ou encontrados no mercado de suplementos esportivos, pois alguns se limitam a estudos e outros não apresentam sua eficiência comprovada, não sendo, portanto, utilizados. Os suplementos de carboidratos à base de maltodextrina, glicose, frutose e sacarose são os mais comercializados atualmente, ou em sua forma isolada ou em conjunto para maior otimização²⁰.

Uma característica utilizada para escolhê-los é o índice glicêmico (IG). Esta escolha pode ser uma estratégia que permite manter as taxas de glicose plasmático maiores durante o exercício, evitar a produção exacerbada de insulina e manter as reservas de glicogênio por maior tempo. Estudos mostram que antes do exercício físico, deve-se recomendar o consumo de carboidratos com baixo IG²¹⁻²³.

O IG dos alimentos pode ser classificado como baixo quando apresentam taxas < 55; médio entre 56-69 e alto quando >70 (quadro 1)²⁴.

Estudo realizado por Wu e Williams (2006)²¹, com teste de exaustão em esteira a 70% do VO₂ máximo com corredores amadores, com ingestão de refeição com baixo IG (IG=37) e alto IG (IG=77), 3 horas antes do teste, mostrou uma melhora no tempo final (108 ±4,1 min vs. 101,4 ±5,2 min). A glicemia sanguínea no teste como a ingestão de alimentos com IG baixo mostrou-se mais elevada nos primeiros 30 minutos de exercício, tendo seus valores variância significativa (p<0,05), porém após este período não houve diferença de valores.

Em estudo realizado por Wong *et al.*²⁹, para identificar melhora no tempo final em corrida de 21 Km em esteira, sendo realizado este com corredores treinados submetidos a diferentes ocasiões sob a ingestão de refeição com carboidratos como baixo IG (IG=37)

Quadro 1. Índice glicêmico (IG) dos carboidratos.

Carboidrato	IG	Classificação
glicose	100	Alto IG
maltose	105	Alto IG
maltodextrina	100	Alto IG
dextrose	96	Alto IG
sacarose	60	Médio IG
frutose	23	Baixo IG
isomaltose	32	Baixo IG
lactose	46	Baixo IG

Fonte: Holub *et al.*²⁵; The University of Sidney²⁶; Livesey & Tagami²⁷; Johannsen & Sharp²⁸.

e alto IG (IG=77) 2 horas antes do teste. Também observou-se melhora significativa, não somente no tempo final (98,7 min vs. 101,5 min), como maior nível de glicogênio plasmático e menores de insulina sérica.

Além da escolha do IG dos carboidratos outra característica observada é a taxa de oxidação dos mesmos (quadro 2) - principal fator de relevância durante o exercício. Esta determinará a eficácia de utilização do carboidrato durante o exercício, sendo os maiores valores priorizados⁴⁰.

As diferentes taxas de oxidação de carboidrato exógeno são influenciadas por fatores como o tempo, quantidade e tipo ingerido, sendo um fator determinante para aumento da taxa de oxidação, a ingestão de carboidratos com diferentes transportadores intestinais^{33,41}.

Para uma maior taxa de oxidação, é utilizada a ingestão concomitante de dois carboidratos que sejam absorvidos por transportadores diferentes, como a glicose e a frutose, que são absorvidos pelos transportadores SGLT1 e GLUT5, respectivamente, não saturando-os e permitindo uma maior absorção¹⁰.

Comparando a utilização dos substratos energéticos durante a atividade física, sem ou com a ingestão de carboidrato, foi poupado o carboidrato endógeno (1,31 ± 0,41 vs. 0,77 ± 0,37 g/min⁻¹), devido uma menor taxa de oxidação endógena para uma maior oxidação de carboidrato exógeno⁴².

A suplementação com carboidratos pode ser realizada de diferentes formas físicas, líquidas como bebidas esportivas (*sport drinks*), semissólido como géis e sólidos como barras de cereais ou as balas energéticas (*jelly beans*)^{43,44}.

Os diferentes tipos de formatos de carboidratos apresentam como principal característica de distinção a praticidade de utilização, finalidade dos mesmos e tempo de esvaziamento gástrico, que depende de vários fatores, como: osmolaridade; volume; intensidade e tipo de exercício; pH; temperatura e nível de desidratação do atleta^{45,46}.

Dentre as formas de carboidrato disponíveis, as bebidas apresentam um esvaziamento gástrico mais rápido, seguido dos géis e das barras. Quando necessita-se de disponibilização de energia rápida utiliza-se as bebidas, em uma concentração de 6 a 8%, já quando precisa de uma liberação e absorção de carboidrato gradual utiliza-se os géis e barras^{47,48}.

Estudo realizado por Campbell *et al.*⁴⁴, com ciclistas e triatletas (n=16) em bicicleta ergométrica, mostraram que entre as formas de carboidratos (bebida esportiva, gel e balas energéticas) não houve distinção nos níveis plasmáticos de glicose ou mesmo uma melhor *performance* entre as formas estudadas, porém em relação ao placebo (água) houve diferença significativa nos dois parâmetros.

Já o estudo de Pfeiffer *et al.*^{42,49} mostrou diferença entre as formas no qual este é ingerido. Observou-se que ciclistas que ingeriram carboidratos na forma de bebidas líquidas apresentaram uma melhor oxidação do carboidrato exógeno, além de proporcionarem menores concentrações plasmáticas de lactato.

Ingestão de carboidrato antes do exercício físico

A ingestão de carboidratos nos minutos que antecedem a prática de atividade física é alvo de pesquisa para comprovar se há melhora do desempenho atlético ou mesmo uma piora do mesmo²³.

A controvérsia entre sua utilização existe pelo fato de que ao mesmo tempo em que estudos demonstram melhora no desempenho, vigor, função cognitiva e diminuição da confusão, essa conduta aumenta a produção de insulina diminuindo os níveis plasmáticos de glicose, podendo nesta conduta aparecer um quadro de hipoglicemia de rebote que pode interferir diretamente na *performance* do atleta²¹⁻²³.

Reunidos no quadro 3 estão estudos recentes cujo protocolo era a ingestão de carboidrato comparando-se a ingestão de placebo (água) antes da prática do exercício com objetivo de aumento do desempenho esportivo, este mensurado pela distância ou tempo decorrido até a exaustão.

Comparando os estudos do quadro 03, observou-se que a ingestão de carboidrato em diferentes tempos, concentrações e intensidade e duração de exercício, proporcionou um aumento da *performance* se comparado a ingestão do placebo (água), não evidenciando o quadro de piora na *performance* devido hipoglicemia hipotetizada pela literatura.

Esse aumento da *performance* foi obtido mesmo quando comparado a utilização de carboidratos com alto índice glicêmico^{41,53,54,56} e baixo índice glicêmico⁵³ ou mesmo com a ingestão concomitante dos dois tipos de carboidratos não obteve piora nas marcas de tempo e/ou distância^{38,50}.

Apesar de alguns estudos analisados (7 de 9) não apresentarem um aumento da *performance* com significância estatística ($p < 0,05$), os valores encontrados podem trazer para os atletas melhores marcas. A diferença de milésimos, segundos ou minutos para alguns esportes pode representar a diferença entre o primeiro e o segundo lugar, sendo assim qualquer melhora na *performance* pode auxiliá-los.

O aumento da *performance* foi observado em todos os estudos, não sendo referido a ocorrência da hipoglicemia de rebote hipostenizado na literatura e demonstrando que a ingestão de carboidrato quando anterior ao exercício, deve ser realizada sob a ingestão concomitante dos carboidratos glicose + frutose ou sacarose + frutose.

A ingestão concomitante destes carboidratos é priorizada devido a influência do índice glicêmico, digestão e absorção dos mesmos. Os carboidratos glicose e sacarose apresentam alto IG, a frutose apresenta baixo IG, podendo a ingestão de ambos evitar o aumento exacerbado da glicemia sanguínea^{11,23}.

A menor forma dos carboidratos são os monossacarídeos (glicose e frutose) e os dissacarídeos (sacarose) favorece menor hidrólise para serem absorvidos, facilitando no tempo até sua absorção intestinal¹¹.

Quadro 2. Taxa de oxidação de carboidratos (CHO) exógenos durante teste de ciclismo.

Referência	Amostra	Protocolo	Drinks de carboidrato testados	Taxa de oxidação CHO exógeno
Jentjens <i>et al.</i> (2006) ³⁰	8 homens treinados	120 min em 50% do W_{max}	A: 1,5 g/min ⁻¹ glicose B: 1,0 g/min ⁻¹ glicose + 0,5 g/min ⁻¹ frutose	A: 0,77g/min ⁻¹ B: 1,14 g/min ⁻¹
Jeukendrup <i>et al.</i> (2006) ³¹	8 homens treinados	300 min em 50% do W_{max}	A: 1,5 g/min ⁻¹ glicose B: 1,0 g/min ⁻¹ glicose + 0,5 g/min ⁻¹ frutose	A: 1,24g/min ⁻¹ B: 1,4 g/min ⁻¹
Achten <i>et al.</i> (2007) ³²	10 homens treinados	150 min em 50% do W_{max}	A: 1,1 g/min ⁻¹ isomaltose B: 1,1 g/min ⁻¹ sacarose	A: 0,92 g/min ⁻¹ B: 0,54 g/min ⁻¹
Venables <i>et al.</i> (2008) ³³	9 homens treinados	150 min em 55% do W_{max}	A: 1,1 g/min ⁻¹ trealose B: 1,1 g/min ⁻¹ maltose	A: 0,73 g/min ⁻¹ B: 1,01 g/min ⁻¹
Hulston <i>et al.</i> (2008) ³⁴	7 homens treinados	150 min em 55% do W_{max}	A: 0,80 g/min ⁻¹ glicose B: 0,54 g/min ⁻¹ glicose + 0,26 g/min ⁻¹ frutose	A: 0,58 g/min ⁻¹ B: 0,56 g/min ⁻¹
Pfeiffer <i>et al.</i> (2010) ³⁵	8 homens treinados	180 min em 50% do W_{max}	A: 1,2 g/min ⁻¹ glicose + 0,6 g/min ⁻¹ frutose	A: 1,24 g/min ⁻¹
O'Brien e Rowlands (2010) ³⁶	10 homens treinados	150 min em 50% do W_{max}	A: 1,2 g/min ⁻¹ maltodextrina + 0,6 g/min ⁻¹ frutose B: 1,0 g/min ⁻¹ maltodextrina + 0,8 g/min ⁻¹ frutose C: 0,8 g/min ⁻¹ maltodextrina + 1,0 g/min ⁻¹ frutose	A: 1,04 g/min ⁻¹ B: 1,14 g/min ⁻¹ C: 1,05 g/min ⁻¹
Rowlands e Clarke (2011) ³⁷	8 homens treinados	150 min em 50% do W_{max}	A: 0,8 g/min ⁻¹ glicose B: 0,8 g/min ⁻¹ amilopectina	A: 0,54 g/min ⁻¹ B: 0,41 g/min ⁻¹
O'Brien (2011) ³⁸	12 homens treinados	120 min em 57,5% do W_{max}	A: 0,50 g/min ⁻¹ frutose + 0,67 g/min ⁻¹ maltodextrina + 0,33 g/min ⁻¹ glicose B: 0,67 g/min ⁻¹ frutose + 0,67 g/min ⁻¹ maltodextrina + 0,16 g/min ⁻¹ glicose C: 0,83 g/min ⁻¹ frutose + 0,67 g/min ⁻¹ maltodextrina	A: 1,03 g/min ⁻¹ B: 1,1 g/min ⁻¹ C: 0,95 g/min ⁻¹
O'Hara <i>et al.</i> (2012) ³⁹	9 homens treinados	120 min em 60% do W_{max}	A: 0,6 g/min ⁻¹ glicose B: 0,6 g/min ⁻¹ galactose	A: 0,68 g/min ⁻¹ B: 0,44 g/min ⁻¹

W_{max} = Potencia máxima ;CHO=carboidrato.

Quadro 3. Estudos comparativos sobre a ingestão de carboidratos antes do exercício físico sob o desempenho atlético.

Referência	Protocolo	Quando ingeriu as bebidas	Bebidas testadas	Quantidade de CHO	Melhora do desempenho (distância ou tempo)
Jeukendrup <i>et al.</i> (2008) ⁵⁰	25 min em 85% do W_{max}	25 minutos antes	A: Água B: SAC + GLI	35 g	Houve uma melhora de 0,6%, porém NS
Coso <i>et al.</i> (2008) ⁵¹	120 min em 63% do VO_{2max}	Imediatamente antes do teste	A: Água B: CHO (6% concentração) C: CHO (8% concentração) D: CHO (8% concentração)	B: 144 g C: 192 g D: 192 g	Houve uma melhora , porém NS. Sendo B e C mais significantes que D em relação a água
Currell e Jeukendrup (2008) ⁴¹	120 min de 55% do W_{max}	15 minutos antes	A: Água B: GLI C: GLI +FRU	1,8 g/min ⁻¹	Melhora de 19% entre as bebidas C e A e de 8% entre C e B (*)
O'Brien (2011) ³⁸	120 min em 57,5% do W_{max}	15 minutos antes	A: Água B: FRU + MAL + GLI C: FRU + MAL + GLI D: FRU + MAL	1,5 g/min ⁻¹	Houve melhora de todos os CHO se comparados a água, sendo a maior de 11,9% em relação a bebida C para A (*)
Bell (2011) ⁵²	80% do W_{max} até exaustão	45 minutos antes	A: Água B: DEX C: Amido de milho	1 g/kg de peso	Houve uma melhora, porém NS
Hornsby (2011) ⁵³	8 Km no menor tempo possível	5 minutos antes	A: Água B: GLI + MAL C: MAL	B: 40 g C: 25 g	Houve uma melhora de 2,6% entre A e C, porém NS
Rowlands <i>et al.</i> (2011) ⁵⁴	120 min em 55% do W_{max}	Imediatamente antes do teste	A: Água B: CHO (3,6% concentração) C: CHO (7,6% concentração) D: CHO (6% concentração)	B: 72 g C: 152 g D: 120g	Houve uma melhora de 1,2 a 3%, porém NS
Kalman <i>et al.</i> (2012) ⁵⁵	4,2 milhas/min Até exaustão	60 minutos antes	A: Água B: Água de coco C: CHO	130 g	Houve uma melhora, porém NS
Coletta <i>et al.</i> (2013) ⁵⁶	19,2 Km no menor tempo possível	5 minutos antes	A: Água B: CHO (6% concentração) C: CHO (9% concentração)	B: 36 g C: 54 g	Houve uma melhora, porém NS

W_{max} = Potencia máxima ; VO_{2max} = Consumo máximo de oxigênio por minuto ; CHO = carboidrato; SAC = sacarose; GLI = glicose; FRU = frutose; MAL= maltodextrina; FRU = frutose; AMILO = Amilopectina; NS = não significativo; (*) = significativo.

A existência de transportadores diferentes, SGLT-1 e GLUT5, para os carboidratos priorizados também permitem que o tempo de absorção diminua, evite que haja saturação dos transportadores e produção exacerbada de insulina para absorção¹¹.

O aumento de performance sob ingestão de carboidrato é maior quando sua esta é realizada antes de exercícios de média a alta intensidade e com longa duração.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para desempenho físico os atletas necessitam de estoques energéticos adequados durante a atividade física ou mesmo o auxílio com recurso ergogênico para fornecer quantidade suficiente de energia para realizar a atividade física ou mesmo aumentá-la.

A utilização do carboidrato como recurso ergogênico antes da atividade física para aumento do desempenho esportivo foi apontado como o principal substrato no aumento da *performance*. Alguns estudos

comprovaram (2 de 9) essa afirmação estatisticamente enquanto outros (7 de 9) não foram relevantes do ponto de vista estatístico, porém a melhora proporcionada pela suplementação com segundos ou milésimos pode diferenciar a marca de um atleta.

Porém para um maior aumento da performance e esta ser realizada de forma adequada deve-se utilizar a ingestão de carboidratos específicos na proporção adequada, afim de maximizar os resultados desejados. Sendo a ingestão concomitante de CHO de alto IG (glicose e sacarose) e baixo IG(frutose) na proporção de 2 para 1 maiores representativos.

Estes carboidratos quando ingeridos concomitantemente apresentaram melhor desempenho devido a digestão, absorção, índice glicêmico e taxa de oxidação dos mesmos que favorece melhores resultados.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

1. Willians MH. Nutrição esportiva. In: Shils ME, Shike M, Ross AC, Caballero B, Cousins RJ. Nutrição moderna na saúde e na doença. 10ª ed. Barueri, SP: Manole; 2009. p. ?????.
2. Kreider RB, Wilborn CD, Taylor L, Campbell B, Almada AL, Collins R, et al. ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations. J Int Soc Sports Nutr. 2010;7:7.
3. Hellemans IJ, King C, Rehner NJ, Stening L. Position of the New Zealand Dietetic Association (Inc): Nutrition for exercise and sport in New Zealand. Nutr Diet. 2008;65(Suppl 4):A70-A80.
4. Hernandez AJ, Nahas RM. Modificações dietéticas, reposição hídrica, suplementos alimentares e drogas: comprovação de ação ergogênica e potenciais riscos para a saúde. Rev Bras Med Esporte. 2009;15(2):3-12.
5. Petróczy A, Naughton DP. Supplement use in sport: is there a potentially dangerous incongruence between rationale and practice? J Occup Med Toxicol. 2007;2:4.
6. Heikkinen A, Alaranta A, Helenius I, Vasankari T. Use of dietary supplements in Olympic athletes is decreasing: a follow-up study between 2002 and 2009. J Int Soc Sports Nutr. 2011;8(1):1.
7. Silva AL, Miranda GDF, Liberali R. A influência dos carboidratos antes, durante e após-treinos de alta intensidade. Rev Bras Nutr Esportiva. 2008;2(10):211-24.
8. Sapata KB, Fayh APT, Oliveira AR. Efeito do consumo prévio de carboidratos sobre a resposta glicêmica e desempenho. Rev Bras Med Esporte. 2006;12(4):189-94.
9. Champe PC, Harvey RA, Ferrier DR. Bioquímica ilustrada. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2006.
10. Jeukendrup AE. Multiple transportable carbohydrates and their benefits. Sports Sci Exchange. 2013;26(108):1-5.
11. Tappy L, Lê KA. Metabolic effects of fructose and the worldwide increase in obesity. Physiol Rev. 2010;90(1):23-46.
12. Foss ML, Keteyian SJ. Fox: Bases fisiológicas do exercício e do esporte. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2010.
13. Rosa LFB, Neto JCR. Carboidratos. In: Lancha Junior AH, Pereira-Lancha LO. Nutrição e metabolismo: aplicados à atividade motora. 2a ed. São Paulo: Editora Atheneu; 2012.
14. Greenberg CC, Jurczak MJ, Danos AM, Brady MJ. Glycogen branches out: new perspectives on the role of glycogen metabolism in the integration of metabolic pathways. Am J Physiol Endocrinol Metab. 2006;291(1):E1-8.
15. Ribeiro HQT, Camargo RG, Lima WP, Zanuto R, Junior LCC. Adaptações agudas promovidas por exercícios no aumento da expressão gênica, conteúdo e translocação da proteína GLUT-4 no músculo esquelético e melhora na responsividade a insulina. Rev Bras Fisiol Exerc. 2011;10(2):106-10.
16. Champbell MK, Farrell SO. Bioquímica: combo. 5ª ed. São Paulo: Thomson Learning; 2007.
17. Moreira PVS, Teodoro BG, Magalhães Neto AM. Bases neurais e metabólicas da fadiga durante o exercício. Biosci J. 2008;24(1):81-90.
18. Bender DA, Mayes PA. Glicólise e oxidação do piruvato. In: Murray RK, Granner DK, Rodwell VW. Harper: bioquímica ilustrada. 27ª ed. São Paulo: McGraw-Hill; 2007.
19. Too BW, Cicai S, Hockett KR, Applegate E, Davis BA, Casazza GA. Natural versus commercial carbohydrate supplementation and endurance running performance. J Int Soc Sports Nutr. 2012;9(1):27.
20. Castro GO. Suplemento alimentar: um tema para o ensino de química [monografia]. Brasília, DF: Universidade de Brasília, Instituto de Química; 2012.
21. Wu CL, Williams C. A low glycemic index meal before exercise improves endurance running capacity in men. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2006;16(5):510-27.
22. Hill KM, Whitehead JR, Goodwin JK. pre-workout carbohydrate supplementation does not affect measures of self-assessed vitality and affect in college swimmers. J Sports Sci Med. 2011;10(3):478-82.
23. Jeukendrup AE, Killer SC. The myths surrounding pre-exercise carbohydrate feeding. Ann Nutr Metab. 2010;57(Suppl 2):18-25.
24. Atkinson FS, Foster-Powell K, Brand-Miller JC. International tables of glycemic index and glycemic load values: 2008. Diabetes Care. 2008;31(12):2281-3.
25. Holub I, Gostner A, Theis S, Nosek L, Kudlich T, Melcher R, et al. Novel findings on the metabolic effects of the low glycaemic carbohydrate isomaltulose (Palatinose). Br J Nutr. 2010;103(12):1730-7.
26. The University of Sydney. GI foods advanced search. 2012. Disponível em: <http://www.glycemicindex.com/foodSearch.php>. [Acessado em 10 de outubro de 2013].
27. Livesy G, Tagami H. Interventions to lower the glycemic response to carbohydrate foods with a low-viscosity fiber (resistant maltodextrin): meta-analysis of randomized controlled trials. Am J Clin Nutr. 2009;89(1):114-25.
28. Johannsen NM, Sharp RL. Effect of preexercise ingestion of modified cornstarch on substrate oxidation during endurance exercise. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2007;17(3):232-43.
29. Wong SH, Chan OW, Chen YJ, Hu HL, Lam CW, Chung PK. Effect of preexercise glycemic-index meal on running when CHO-electrolyte solution is consumed during exercise. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2009;19(3):222-42.
30. Jentjens RL, Underwood K, Achten J, Currell K, Mann CH, Jeukendrup AE. Exogenous carbohydrate oxidation rates are elevated after combined ingestion of glucose and fructose during exercise in the heat. J Appl Physiol (1985). 2006;100(3):807-16.
31. Jeukendrup AE, Moseley L, Mainwaring GI, Samuels S, Perry S, Mann CH. Exogenous carbohydrate oxidation during ultraendurance exercise. J Appl Physiol (1985). 2006;100(4):1134-41.
32. Achten J, Jentjens RL, Brouns F, Jeukendrup AE. Exogenous oxidation of isomaltulose is lower than that of sucrose during exercise in men. J Nutr. 2007;137(5):1143-8.
33. Venables MC, Brouns F, Jeukendrup AE. Oxidation of maltose and trehalose during prolonged moderate-intensity exercise. Med Sci Sports Exerc. 2008;40(9):1653-9.
34. Hulston CJ, Wallis GA, Jeukendrup AE. Exogenous CHO oxidation with glucose plus fructose intake during exercise. Med Sci Sports Exerc. 2009;41(2):357-63.
35. Pfeiffer B, Stellingwerff T, Zaltas E, Jeukendrup AE. CHO oxidation from a CHO gel compared with a drink during exercise. Med Sci Sports Exerc. 2010;42(11):2038-45.
36. O'Brien WJ, Rowlands DS. Fructose-maltodextrin ration in a carbohydrate-electrolyte solution differentially affects exogenous carbohydrate oxidation rate, gut comfort, and performance. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol. 2011;300(11):G181-9.
37. Rowlands DS, Clarke J. Lower oxidation of a high molecular weight glucose polymer vs. glucose during cycling. Appl Physiol Nutr Metab. 2011;36(2):298-306.
38. O'Brien WJ. A 0,8 fructose: maltodextrin ratio enhances endurance performance and exogenous carbohydrate oxidation [dissertation]. New Zealand, Wellington: Massey University; 2011.
39. O'Hara JP, Carroll S, Cooke CB, Morrison DJ, Preston T, King RF. Preexercise galactose and glucose ingestion on fuel use during exercise. Med Sci Sports Exerc. 2012;44(10):1958-67.
40. Jeukendrup AE. Carbohydrate feeding during exercise. Eur J Sport Sci. 2008;8(2):77-86.
41. Currell K, Jeukendrup AE. Superior endurance performance with ingestion of multiple transportable carbohydrates. Med Sci Sports Exerc. 2008;40(2):275-81.
42. Pfeiffer B. Carbohydrate intake and metabolism during prolonged endurance exercise [dissertation]. United Kingdom: University of Birmingham; 2010.
43. Pereira LG, Amorim PRS, Lopes PRNR, Alfenas RCG, Marins JBC. Diferentes formas de suplementos de carboidrato durante o exercício: impactos metabólicos e no desempenho. Motricidade. 2012;8(Suppl 2):167-76.
44. Campbell C, Prince D, Braun M, Applegate E, Casazza GA. Carbohydrate-supplement form and exercise performance. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2008;18(2):179-90.
45. Silva RP. Estudo do equilíbrio hídrico de jogadores de futebol em treinamento e competição [tese]. Minas Gerais, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2010.
46. Pereira LG. Efeito de diferentes formas físicas de suplementos de carboidrato no desempenho físico [tese]. Minas Gerais, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2011.
47. Gatti K. Efeito da forma física de suplementos energéticos no desempenho e na hidratação no futebol [tese]. Minas Gerais, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2009.
48. Guerra I. Hidratação no exercício. In: Biesek S, Alves LA, Guerra I. Estratégias de nutrição e suplementação no esporte. 2ª ed. Barueri, SP: Manole, 2010. p. ?????
49. Pfeiffer B, Stellingwerff T, Zaltas E, Jeukendrup AE. Oxidation of solid versus liquid CHO sources during exercise. Med Sci Sports Exerc. 2010;42(11):2030-7.
50. Jeukendrup AE, Hopkins S, Aragón-Vargas LF, Hulston C. No effect of carbohydrate feeding on 16 km cycling time trial performance. Eur J Appl Physiol. 2008;104(5):831-7.
51. Coso JD, Estevez E, Baquero RA, Mora-Rodríguez R. Anaerobic performance when rehydrating with water or commercially available sports drinks during prolonged exercise in the heat. Appl Physiol Nutr Metab. 2008;33(2):290-8.
52. Bell R. Effect of pre-exercise ingestion of modified amylo maize starch on endurance performance [thesis]. Ames, Iowa: Iowa State University; 2011.
53. Horsnby J. The effect of carbohydrate-electrolyte sports drinks on performance and physiological function during an 8km cycle time trial. Plymouth Student Scientist. 2011;4(2):30-49.
54. Rowlands DS, Bonetti DL, Hopkins WG. Unilateral fluid absorption and effects on peak power after ingestion of commercially available hypotonic, isotonic, and hypertonic sports drinks. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2011;21(6):480-91.
55. Kalman DS, Feldman S, Krieger DR, Bloomer RJ. Comparison of coconut water and a carbohydrate-electrolyte sport drink on measures of hydration and physical performance in exercise-trained men. J Int Soc Sports Nutr. 2012;9(1):1.
56. 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. J Int Soc Sports Nutr. 2013;10(1):17.