



ENXÁGUE BUCAL COM CARBOIDRATOS: MECANISMOS E EFEITOS NA PERFORMANCE

Publicado: Dezembro 2013/Autores: **Asker E. Jeukendrup, Ian Rollo & James M. Carter**/Tópicos: Carboidratos
Asker E. Jeukendrup | Ian Rollo | James M. Carter | Instituto Gatorade de Ciências do Esporte | Barrington (IL) Estados Unidos da América | Instituto Gatorade de Ciências do Esporte | Universidade de Loughborough | Loughborough | Reino Unido

- A ingestão de carboidratos durante exercícios de resistência com intensidade moderada é bem conhecida por atrasar a fadiga e melhorar a performance.
- Acredita-se que os mecanismos responsáveis envolvam a manutenção dos níveis de glicose sanguínea e das taxas de oxidação de carboidratos, e a economia de carboidratos do fígado, e talvez, o glicogênio muscular.
- A maioria dos estudos que investiga os exercícios de resistência com alta intensidade ($VO_{2max} > 75\%$) (30-60 minutos) também apresentaram benefícios na performance em relação aos carboidratos exógenos.
- As vias metabólicas tradicionais são improváveis de explicarem os efeitos ergogênicos porque os estoques de carboidratos endógenos não considerados limitantes e a oxidação dos carboidratos exógenos é mínima.
- Um número crescente de estudos mostrou atualmente que o enxágue bucal com uma solução contendo carboidratos está associado com a melhora da performance em exercícios de resistência com alta intensidade.
- Os benefícios constantes na performance de 2-3% ocorrem sem qualquer ingestão de carboidratos, mas são semelhantes em magnitude àqueles relatados quando o carboidrato é ingerido.
- Estudos de imagem cerebral identificaram áreas do cérebro que são ativadas quando o carboidrato está na boca, e é provável que o enxágue bucal com carboidratos resulte em diferentes sinais capazes de modificar o rendimento motor.
- Os efeitos parecem maiores após o jejum noturno, mas os benefícios na performance ainda estão presentes mesmo após a ingestão de uma refeição.
- Mais pesquisas são necessárias para compreender totalmente os diferentes caminhos da transdução de sabor para os diversos carboidratos, as implicações práticas para os atletas assim como o impacto em diferentes modalidades esportivas.

LEITURA RECOMENDADA

Fevereiro de 2013 SSE #106: A suplementação com Carboidratos durante o Exercício. Ajuda? O Quanto é demais?

Fevereiro de 2013 SSE #61: Carboidratos, Aminoácidos com Cadeia Ramificadas e Resistência: A Hipótese Central da Fadiga

Março de 2013 SSE #108: Carboidratos Absorvidos por Diferentes Transportadores e os Benefícios Relacionados

INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, o carboidrato é visto como um substrato energético para o metabolismo durante os exercícios, e isto apresentou resultados de uma melhor capacidade de resistência (Jeukendrup, 2011). Durante o exercício prolongado, a ingestão de carboidratos pode ajudar a manter as concentrações da glicose plasmática e prevenir a hipoglicemia; ela pode manter as altas taxas de oxidação de carboidratos, economizar o glicogênio hepático, e em alguns casos, atrasar a depleção do glicogênio muscular. Contudo, os benefícios de performance também foram observados durante os exercícios com duração de aproximadamente 1 hora. Durante exercícios com esta duração, a hipoglicemia não se desenvolve, as concentrações de glicose não diminuem (e podem até mesmo aumentar) e não se acredita que a depleção de glicogênio seja um fator limitante de performance. Então, durante este tipo de exercício, os efeitos na performance são improváveis de serem explicados por fatores metabólicos, mas estão provavelmente envolvidos com o sistema nervoso central (SNC). Um estudo pioneiro do nosso grupo (Carter et al., 2004b) mostrou que um simples enxágue com solução com carboidratos (sem a ingestão de carboidratos) resultou em benefícios de performance semelhantes à ingestão, fornecendo evidências indiretas para um "efeito central". Foi proposto que o carboidrato é detectado por receptores na cavidade oral e que sinais neurais aferentes enviados diretamente ao cérebro são responsáveis pela melhora observada na performance. Desde 2004, a maioria dos

diversos estudos, porém não todos, que investigaram os efeitos dos carboidratos no enxágue bucal relatou uma melhora na performance (Tabelas 1 e 2). Este artigo do Sports Science Exchange irá examinar estes estudos, os possíveis mecanismos, a influência do estado "alimentado" e as aplicações práticas para os atletas.

A INGESTÃO DE CARBOIDRATOS E A PERFORMANCE

Apesar dos efeitos dos carboidratos na performance em exercícios prolongados (> 2 horas) terem sido estabelecidos desde os anos 80 (Jeukendrup, 2011), a observação de que a ingestão de carboidratos pode também melhorar a performance durante exercícios de curta duração com maior intensidade é relativamente nova. Em um estudo de Jeukendrup e colaboradores, ciclistas realizaram um teste de tempo de 40 km, com ou sem a ingestão de uma solução com carboidratos e eletrólitos e foram aproximadamente 1 minuto mais rápidos com a ingestão dos carboidratos: uma melhora na performance de 2-3% (Jeukendrup et al., 1997). Este foi um grande e inesperado efeito ergogênico para o qual não havia explicação metabólica clara naquele momento. Enquanto acredita-se que os estoques endógenos de carboidratos sejam suficientes como fonte de energia para este tipo de evento, também leva tempo para os carboidratos exógenos serem absorvidos, transportados e utilizados na musculatura. Sendo assim, estimou-se que a quantidade de carboidratos exógenos oxidados durante o teste de tempo de 40 km foi aproximadamente de 15g, equivalente a cerca de 1 kcal/min (Jeukendrup et al., 1997).

Tabela 1 . Tabela 1. Resumo dos estudos da literatura atual que investigaram os efeitos do enxágue bucal com solução com carboidratos na performance (em ordem cronológica). Gli = glicose, MD = maltodextrina, TTE = tempo até a exaustão, TT = teste de tempo, NS = não significativo.

Autores	n	Teste de Performance	TIPO DE CHO	Alimentado /jejum	Efeitos [+ indica melhora]	Efeitos na Performance [Significância estatística]
Carter et al. 2004b	9	TT Ciclismo (1h) M	D	4h	+2.9%	Melhora
Whitham et al., 2007	7	1h Corrida	MD	4h	-0.3%	NS
Rollo et al., 2008	10	30min Corrida	Mix Gli+MD	+10h	+2.0%	Melhora
Chambers et al., 2009	8	1 h de ciclismo	MD Glicose	+10h +10h	+1.9% +3.1%	Melhora Melhora
Beelen et al., 2009	14	1 h de ciclismo	MD	2h	+0.5%	NS
Beelen et al., 2009	14	1 h de ciclismo	MD	2h	+0.5%	NS
Pottier et al., 2010	12	1 h de ciclismo	Sacarose	3h	+3.7%	Melhora
Rollo et al., 2011	10	1 h de ciclismo	Mix Gli+MD	3h	+0.7%	NS
Fares et al., 2011	13	TTE 60% Wmáx	MD MD	+10h 3h	+11.6% +3.5%	Melhora Melhora
Lane et al., 2013	12	TT Ciclismo (1h) M	D	10h 2h	+3.4% +1.8%	Melhora Melhora
Gam et al., 2013	10	TT Ciclismo (1h)	MD Sem enxágue	4h 4h	+5.3% +2.5%	Melhora Melhora
Sinclair et al., 2013	11	TT Ciclismo (30 min)	Enxágue 10s MD Enxágue 5s MD	4h 4h	+6.3% +4.7%	Melhora NS

Durante o teste de tempo, os ciclistas estavam gastando mais do que 20 kcal/min e a maior parte deste gasto viria das fontes de carboidratos.

Consequentemente, acredita-se que a contribuição dos carboidratos exógenos foi muito pequena para fornecer energia adicional e resultar no efeito benéfico observado, relativamente grande.

Esta observação não ocorreu isoladamente, e na verdade, confirmou alguns trabalhos anteriores. Um dos trabalhos mais antigos a mostrar um efeito dos carboidratos durante exercícios com 1 hora de duração foi uma investigação de Neuffer et al. (1987). Indivíduos pedalarão por 45 minutos em 77% do VO₂max, seguidos por 15 minutos nos quais eles tinham que completar o máximo de atividades possível. Encontrou-se que a performance melhorou em 10% quando 45g de carboidratos foram ingeridos imediatamente antes do exercício em comparação com o placebo. Anantaraman e colaboradores (1995) estudaram os efeitos da ingestão de carboidratos antes e durante intervalos regulares, durante 60 minutos de atividade de ciclismo nos quais indivíduos tiveram que realizar o máximo de atividades possível. Neste estudo, a performance foi melhor em quase 11% no teste com a utilização de carboidratos em comparação com o teste placebo. Mais estudos foram realizados em condições quentes. Below et al. (1995) submeteu ciclistas experientes e bem capacitados fisicamente a treinos em condições ambientais de 31°C (e 54% de umidade) por 50 minutos, seguidos por um teste de tempo com duração de cerca de 10 minutos. Eles observaram uma melhora de 6% na performance do teste de tempo quando o carboidrato foi ingerido ao longo do exercício. Em um estudo posterior do nosso grupo (Carter et al.,

2003), indivíduos se exercitaram até a exaustão em 73% do VO₂max em 35°C (e 30% de umidade). O tempo até a exaustão aumentou em 14% no teste com carboidratos, em comparação com o placebo.

Há também, no entanto, alguns estudos que não observaram efeitos na performance com a ingestão de carboidratos nestas condições (Desbrow et al., 2004; McConell et al., 2000; Nikolopoulos et al., 2004). Há diversas explicações possíveis para as diferenças entre os estudos que encontraram e não encontraram um efeito positivo na performance. A maioria dos estudos que não encontrou efeito positivo, na verdade, observou um efeito benéfico na performance, mas que não atingiu significância estatística. Portanto, pode ser que os resultados com não-significância sejam resultados de falta de força estatística. Além disso, os estudos que mostraram uma diferença, em geral tiveram maior duração do processo de privação de alimentos anterior ao teste de performance, uma possibilidade discutida em detalhes mais adiante. Finalmente, a duração do exercício também pode ser importante: nenhum estudo mais curto que 30 minutos relatou efeito benéfico da ingestão de carboidratos (Jeukendrup et al., 2008; Palmer et al., 1998). Não está claro o porquê de a duração possivelmente ser importante, apesar de envolver sensações maiores de fadiga e desconforto associadas à maior intensidade de exercício anulando os efeitos benéficos dos carboidratos. Porém, a maioria dos estudos observou uma melhora na performance com a ingestão de carboidratos durante exercícios de alta intensidade com duração de cerca de 1 hora. É improvável que a causa desta melhora esteja relacionada com a distribuição de energia à musculatura em atividade.

ENXÁGUE BUCAL COM CARBOIDRATOS E PERFORMANCE EXERCÍCIOS DE RESISTÊNCIA DE ALTA INTENSIDADE

Para estudar o possível papel do carboidrato como fonte de energia durante exercícios de resistência de alta intensidade, os ciclistas foram solicitados a realizar um teste de tempo de 40 km (Carter et al., 2004a). Em uma ocasião eles receberam uma solução com glicose (1 g/min) e em outra ocasião eles receberam solução salina. Foi observado que quando a glicose foi injetada na corrente sanguínea as concentrações de glicose foram 2 vezes mais altas e o desaparecimento da glicose foi duas vezes maior. Contudo, apesar da glicose ter sido captada (presumidamente para dentro da musculatura) e oxidada (Jeukendrup et al., 1999), não houve efeito na performance (Carter et al., 2004a). Isto fornece evidências para se acreditar que os efeitos dos carboidratos durante este tipo de exercício não são metabólicos, e logo deve haver uma explicação alternativa para o efeito ergogênico.

Em um estudo de acompanhamento, ciclistas foram solicitados para repetir o teste de tempo de 40 km, mas apenas enxaguando a boca com a solução de carboidratos, sem engolir (Carter et al., 2004b). O carboidrato utilizado para este estudo foi uma solução com maltodextrina sem sabor doce. O protocolo de enxágue foi padronizado; indivíduos enxaguaram a boca por 5 segundos com a solução e depois descartavam a solução em uma vasilha. Os resultados foram impressionantes; a performance foi melhor com o enxágue bucal com carboidratos em comparação com o placebo e a extensão do efeito foi o mesmo que observamos no primeiro estudo com a ingestão de carboidratos (Jeukendrup et al., 1997). Não era provável que muito do carboidrato, se algum, tivesse sido absorvido pelo enxágue bucal, mas a performance foi melhor em cerca de 3% (Carter et al., 2004b), muito semelhante à melhora de 2-3% observada na ingestão de carboidratos (Jeukendrup et al., 1997).

Depois deste estudo inicial de Carter et al. (2004b), diversos outros estudos reproduziram estes resultados. Rollo et al. (2008) relatou que o enxágue bucal com solução de carboidratos em 6% aumentou a distância total percorrida em uma corrida de 30 minutos selecionada pelos próprios participantes, em comparação com um placebo de cor e sabor similares. Este foi o primeiro estudo com corridas que mostrou um efeito, e o primeiro estudo no qual os exercícios tiveram duração de menos de 30 minutos. Contudo, é importante notar que este estudo não foi um estudo de performance. Ao invés disso, foi solicitado aos participantes que corresse em velocidades equivalentes a uma taxa de percepção de esforço igual a 15. Além do registro das velocidades auto-selecionadas e a distância total percorrida, os autores avaliaram as emoções subjetivas dos corredores. A distância total percorrida foi maior durante o teste com carboidratos do que durante o teste placebo. Os autores também observaram que as velocidades mais rápidas selecionadas durante os primeiros 5 minutos de exercício corresponderam com melhores emoções de satisfação com o enxágue bucal com a solução de carboidratos. Em um estudo de acompanhamento, Rollo e colaboradores (2010a) estudaram o efeito do enxágue bucal com carboidratos e eletrólitos durante uma corrida com ritmo próprio de 60 minutos. A esteira foi modificada para que os corredores pudessem alterar a velocidade sem a necessidade de manuseio ou feedback visual do corredor (ou seja, a velocidade da esteira aumentava ou diminuía conforme

o corredor se movesse para a parte da frente ou para a parte de trás da esteira, respectivamente). Os corredores percorreram 211 m a mais de distância durante o teste com carboidratos (14298 ± 685 m) em comparação com o teste placebo (14086 ± 732 m), uma melhora considerável de 1,5%.

Em um outro estudo, a influência da ingestão e do enxágue bucal com solução de carboidratos na performance durante um teste de tempo de alta intensidade (~1 hora) foi investigada em indivíduos treinados (Pottier et al., 2010). Indivíduos fizeram bochechos ou ingeriram uma solução com carboidratos em 6%, ou placebo, antes e ao longo de um teste de tempo. Nas condições do enxágue bucal, o tempo para completar o teste foi menor com o enxágue com carboidratos ($61,7 \pm 5,1$ min) em comparação ao placebo ($64,1 \pm 6,5$ min). Curiosamente, os investigadores não viram diferença entre o placebo ($62,5 \pm 6,9$ min) e o carboidrato ($63,2 \pm 6,9$) quando as bebidas foram consumidas (Pottier et al., 2010), o que está em contraste com inúmeros outros estudos que observaram a melhora na performance com a ingestão de carboidratos durante exercícios com duração semelhante (Anantaraman et al., 1995; Below et al., 1995; Carter et al., 2003; Jeukendrup et al., 1997; Neuffer et al., 1987). Mais evidências para um efeito na melhora da performance do enxágue bucal oral com carboidratos vieram de outro estudo da Universidade de Birmingham no Reino Unido (Chambers et al. (2009) que mostrou melhora de 1,9% (glicose) e 3,1% (maltodextrina) na performance do teste de tempo no ciclismo com um enxágue bucal com carboidratos em comparação com placebos adoçados e sem valor nutricional. Finalmente, dois estudos recentes demonstraram efeitos na melhora da performance em exercícios de ciclismo com duração de ~1 hora com o enxágue bucal com carboidratos (Gam et al., 2013; Sinclair et al., 2013). Apesar destes estudos terem confirmado os resultados iniciais por Carter et al., (2004; Tabela 2), também houve diversos estudos que não encontraram estes efeitos (Beelen et al., 2009; Whitham e McKinney, 2007). Pode haver diversas razões para estes resultados discordantes, incluindo a falta de força estatística. O estudo de Whitham e McKinney (2007), por exemplo, contou com apenas 7 indivíduos, e utilizou uma medida de performance que pode ter sido menos confiável e/ou sensível. Corredores tiveram que ajustar a velocidade da esteira manualmente em oposição a esteira modificada utilizada por Rollo et al. (2010a), onde os corredores podiam alterar a velocidade sem a necessidade de manuseio ou feedback visual. Outra explicação foi oferecida por Beelen et al. (2009) que forneceu aos indivíduos uma refeição 2 horas antes do teste de performance, em concordância com as recomendações atuais (Burke et al., 2011). Foi sugerido que quando no estado alimentado, os efeitos do enxágue bucal são reduzidos e esta possibilidade será discutida com maiores detalhes em uma seção mais adiante.

OUTROS TIPOS DE EXERCÍCIO

A maioria dos estudos investigou os efeitos do enxágue bucal com carboidratos na performance em exercício de resistência em eventos com duração entre 30 a 60 minutos. Os possíveis efeitos durante os exercícios supramáximos, exercícios intermitentes, exercícios de resistência ou exercícios muito extensos não foram extensivamente estudados. Contudo, quatro trabalhos recentes

Tabela 2. Resumo dos estudos na literatura atual que investigaram os efeitos de um enxágue bucal com carboidratos em outros tipos de performance. Onde PO = rendimento de força, M/S = musculatura, Glu = glicose, MD = maltodextrina, NS é não significativo, LIST = Teste Loughborough de Corrida “Vai e Vem” Intermitente, RST = teste com sprints repetitivos.

AUTORES	n	Teste de Performance	TIPO DE CHO	Alimentado /jejum	Efeitos [+ indica melhora]	Efeitos na Performance [Significância estatística]
Chong et al. 2011	14	30 Sprint PO	GII MD	10h 10h	+0.18% +0.65%	NS
Painelli et al., 2011	12	Força M/S	Dextrose	8h	-0.3%	NS
Beaven et al., 2013	12	5x6 Sprint PO	GII	2h	+39.1 W -39.6 W	Melhora – Sprint 1 Redução – Sprint 5
Dorling y Earnest et al., 2013	8	RST LIST	MD	Em jejum	+0.5%	NS

tentaram ajudar a preencher esta lacuna de conhecimento (Tabela 2). Chong e colaboradores (2011) estudaram o impacto do enxágue bucal com carboidratos durante um sprint de 30s em uma bicicleta ergométrica e concluíram que a utilização do enxágue bucal de 5 segundos com uma quantidade isoenergética de maltodextrina, ou glicose, não é benéfica para a performance máxima em sprints. No mesmo ano, Painelli et al. (2011) chegou a uma conclusão semelhante para a performance de força máxima ou força e resistência (Tabela 2). Mais recentemente, Beaven e colaboradores (2013) investigaram o efeito de diversos ciclos de sprints de 5 segundos com um enxágue bucal com glicose em 6% e relataram uma melhora nos resultados do pico de força e força média no primeiro dos 5 sprints. Contudo, uma melhora na performance nos sprints teve curta duração, com o pico de força e força média no sprint final sendo significativamente menores na condição do enxágue com glicose em comparação com o placebo. Curiosamente, esta queda na performance foi prevenida e um efeito adicional relatado quando a solução com carboidratos foi combinada com cafeína (Beaven et al., 2013). Finalmente, no exercício de corrida, foi relatado recentemente que o enxágue bucal com carboidratos não teve efeitos na performance em sprints máximos, repetitivos ou médios (Dorling e Earnest, 2013). Neste estudo, oito homens fizeram bochecho rotineiramente com bebida de maltodextrina em 6,4% enquanto realizavam testes com sprints repetitivos ao longo do Teste de Corrida “Vai e Vem” Intermitente de Loughborough (LIST), delineado para imitar as demandas fisiológicas do futebol. Todavia, em relação a diversos esportes com a presença de sprints, nenhum estudo investigou os possíveis efeitos dos enxágues bucais com carboidratos no funcionamento cognitivo, tomada de decisão ou tempo de reação, todos os quais impactariam na performance. Além disso, nenhum estudo até o momento investigou o enxágue bucal com carboidratos durante a performance de resistência muito prolongada ou exercícios no calor. É importante notar que isto provavelmente é uma consequência de uma lógica viável para justificar estes estudos nos quais a ingestão

de líquidos e carboidratos oferecem vantagens óbvias ao exercício com estas durações ou nestas condições ambientais.

O PAPEL DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL

Sugeriu-se que as alterações no rendimento de força comumente observadas durante uma atividade com exercícios de ritmo próprio está sob influência de um “Governador Central” que controla o recrutamento de unidades motoras durante o exercício para garantir a manutenção da homeostase (Kayser, 2003; Noakes, 2000). O “Governador Central” é pressuposto por alterar o rendimento de força utilizando sinais aferentes dos sistemas fisiológicos e receptores periféricos que detectam mudanças no ambiente externo e interno (Lambert et al., 2005). É, portanto, plausível que durante o exercício, as respostas centrais positivas a um estímulo oral com carboidratos poderiam compensar os sinais aferentes físicos, metabólicos e térmicos negativos chegando dos receptores da musculatura, ligamentos e de temperatura interna que são enviados ao cérebro e contribuem consciente e inconscientemente com a fadiga central, e uma inibição da atividade motora até os músculos em exercício (St Clair Gibson et al., 2001). Por exemplo, o sistema dopaminérgico do corpo estriado ventral foi implicado na estimulação, motivação e controle do comportamento motor (Berridge e Robinson, 1998) e foi postulado o aumento de atividade desta via durante o exercício para atenuar o desenvolvimento da fadiga central (Davis et al., 2000). Isto sugere que efeitos benéficos da alimentação com carboidratos durante os exercícios não são limitados à sua vantagem metabólica convencional e podem servir não como um substrato de energia, mas como um sinal aferente positivo capaz de modificar o resultado motor.

Chambers et al. (2009) utilizou imagem por ressonância magnética funcional (fMRI) para investigar as respostas do cérebro humano ao enxágue bucal com carboidratos e placebo. Este estudo revelou que sentir o gosto tanto de uma solução com carboidratos doces (glicose) e não-doces (maltodextrina) ativou áreas no cérebro, como o córtex cingulado anterior e o corpo estriado ventral, que

não foram responsivos ao adoçante artificial (sacarina). Outras investigações por neuroimagem também relataram que uma solução oral com carboidratos ativa regiões cerebrais adicionais em comparação com adoçantes artificiais (Frank et al., 2008; Haase et al., 2009), sugerindo que pode haver vias de transdução de sabor que respondem ao carboidratos independentemente aos tipos em relação à doçura. Isto está de acordo com a observação de que a capacidade de exercício de resistência foi melhor em comparação com a condição controle tanto com carboidratos doces, como não-doces (Carter et al., 2005).

MECANISMOS E AS REGIÕES CEREBRAIS ENVOLVIDAS

Os receptores envolvidos na transdução de sinais após o enxágue bucal ainda não foram identificados. É conhecido que quando alimentos ou bebidas são colocados na boca, as células receptoras de sabor (TRCs) são estimuladas, fornecendo a primeira análise do alimento possivelmente ser comestível (Chandrashekar et al., 2006; Small et al., 2007). As TRCs existem em grupos de 50-100 papilas gustativas, que são distribuídas pela cavidade oral, incluindo a língua, palato mole e epiglote (Scott e Plata-Salaman, 1999). A atividade elétrica iniciada pelo sinal de sabor é transmitida aos neurônios gustativos que enervam as papilas gustativas (Simon et al., 2006). Esta informação converge no núcleo do trato solitário na medula, e é posteriormente repassado via núcleo ventral pósterio-medial do tálamo ao córtex principal de paladar, localizado na ínsula anterior e no opérculo frontal adjacente e ao suposto córtex secundário de paladar no córtex orbitofrontal (Small et al., 2007). O córtex principal de paladar e o córtex orbitofrontal têm projeções para regiões cerebrais, como o córtex pré-frontal dorsolateral, córtex cingulado anterior e corpo estriado ventral, que se acredita fornecer a ligação entre as vias gustativas e as respostas emocionais, cognitivas e comportamentais apropriadas (Kringelbach, 2004; Rolls, 2007). O fato de que muitas destas regiões cerebrais superiores foram relatadas serem ativadas pelos carboidratos orais e não adoçantes sem valor nutricional (Chambers et al., 2009; Frank et al., 2008; Haase et al., 2009) pode fornecer uma explicação do mecanismo de ação para os efeitos positivos do enxágue bucal com carboidratos na performance do exercício. Não é conhecido, no entanto, o que exatamente é detectado, porque a maioria dos receptores humanos de sabor respondem à doçura, proveniente de conteúdo não relacionado aos carboidratos.

Dados experimentais de estudos com roedores respaldam a existência de vias de transdução de sabor em mamíferos, que respondem aos carboidratos independentemente do tipo de carboidrato em relação à doçura. O receptor de sabor doce em mamíferos combina dois receptores de proteínas-G acopladas, T1R2 e T1R3, que formam um heterodímero que responde tanto aos açúcares naturais como adoçantes artificiais (Nelson et al., 2001). Contudo, foi sugerido que os homodímeros dos T1R2 e T1R3 podem também existir e funcionar como detectores de açúcares. Mais pesquisas são necessárias para entender completamente as diferentes vias de transdução de sabor para diversos carboidratos e adoçantes e como estas diferem entre as espécies de mamíferos, particularmente em seres humanos.

O EFEITO DO PERÍODO DE JEJUM NO PRÉ-EXERCÍCIO

Uma das razões citadas para explicar a discrepância entre os estudos relatando um efeito positivo ou não do enxágue bucal com carboidratos nos exercícios de resistência de alta intensidade é a influência, ou a falta dela, da refeição pré-exercício. A maioria dos trabalhos com efeitos benéficos envolveu indivíduos iniciando o exercício após o jejum noturno (Chambers et al., 2009; Rollo et al., 2010a), ou em um estado após a absorção (≥ 4 h; Carter et al., 2004b). Por outro lado, parece que as investigações que falharam em relatar uma ação ergogênica do enxágue bucal com carboidratos tendem a ser estudos nos quais indivíduos receberam uma refeição rica em carboidratos 2-3 horas antes do exercício (Beelen et al., 2009). Resultados similares (exemplo, nenhum efeito) também foram relatados quando os carboidratos foram ingeridos durante corridas e exercícios de ciclismo de alta intensidade após o consumo de uma refeição rica em carboidratos nas horas anteriores (Desbrow et al., 2004; Rollo e Williams, 2010b). Desta forma, é provável que a diferença no período do jejum pré-exercício influencie a resposta neuronal central a um estímulo oral com carboidratos. Um estudo com fMRI comparou a resposta cortical à sacarose oral após a) jejum noturno (12 h) e b) após a ingestão de refeição líquida com 700 kcal (Haase et al., 2009). Houve uma atividade consideravelmente maior em inúmeras regiões cerebrais, incluindo no corpo estriado ventral, na amígdala e no hipotálamo após um jejum prolongado em comparação com o estado pós-prandial. As respostas centrais ao carboidrato oral, que são capazes de modificar o rendimento motor, podem, portanto, ser dependentes do estado nutricional pré-exercício.

Contudo, diversas observações existem para sugerir que o estado "alimentado" do atleta pode não ser o regulador definitivo em relação à se o bochecho com carboidratos é benéfico ou não. Primeiro de tudo, Whitham e McKinney (2007) não mostraram efeitos positivos do enxágue bucal com carboidratos no estado após o jejum noturno, enquanto Pottier et al. (2010) demonstrou melhora na performance com o bochecho com carboidratos apesar da refeição 2 horas antes. Segundo, dois estudos recentes foram conduzidos para abordar diretamente o efeito do estado "alimentado" na performance e na capacidade de exercício com o enxágue bucal com carboidratos. O primeiro destes relatou efeitos significativos na performance até o momento da fadiga em 60% da W_{max} tanto no estado "alimentado" (3,5% de melhora) quanto em jejum (11,6% de melhora) com bochecho com solução contendo maltodextrina em comparação com o placebo (Fares e Kayser, 2011). Estes resultados foram rapidamente respaldados por um estudo seguinte com atletas alimentados e em jejum realizando um teste de tempo de ciclismo com duração de 1 hora com bochechos com solução de maltodextrina ou solução placebo (Lane et al., 2013). Foram relatados benefícios na performance independentemente do estado "alimentado", apesar de que a magnitude da melhora foi maior no estado de jejum (3,3% no jejum em comparação com 1,8% no estado "alimentado"), que está alinhado com as observações anteriores das imagens cerebrais (Haase et al., 2009), enquanto a melhor performance foi relatada nos atletas no estado "alimentado" realizando enxágue bucal com carboidratos.

IMPLICAÇÕES PRÁTICAS

- O enxágue bucal com solução contendo carboidratos realizado de maneira rotineira entre 5-10 segundos mostrou uma melhora na performance de resistência de alta intensidade em exercícios com duração de 30-70 minutos.
- A magnitude no benefício da performance é similar àquela da ingestão de carboidratos, apesar de que os atletas com tendência a apresentarem estresse gastrointestinal (GI) durante os exercícios de alta intensidade talvez queiram considerar a prática do enxágue bucal devido ao menor risco para desconforto GI.
- Apesar de ser um fato desconhecido, é improvável que o enxágue com carboidratos irá continuar a apresentar efeitos benéficos à medida que a duração dos exercícios se aproxime e ultrapasse 2 horas, e a fadiga ocorra devido à depleção do estoque de carboidratos. Contudo, uma possível aplicação durante eventos muito extensos, quando os atletas lutam com o desconforto GI e onde a absorção pode se tornar prejudicada, seria voltar a utilizar o enxágue bucal com carboidratos para fornecer alguma vantagem.
- Enxaguar e descartar a solução com carboidratos pode ser uma estratégia nutricional útil para indivíduos que realizam exercícios envolvendo o gerenciamento do peso. Esta estratégia provavelmente iria resultar em menor percepção do esforço e/ou maior intensidade do exercício sem a ingestão de calorias adicionais.
- Pesquisas recentes sugeriram que o ato de enxaguar a boca durante exercícios de alta intensidade pode ser prejudicial devido às interrupções na respiração e/ou concentração (Gam et al., 2013). Apesar da correção desta influência negativa e melhora na performance, pela adição de carboidratos, os atletas devem ter atenção para utilizar esta técnica durante os treinamentos.
- Para a performance ideal, os resultados coletivos das pesquisas sugerem que os atletas devem consumir uma refeição rica em carboidratos 2-3 horas antes do exercício e ingerir ou enxaguar pequenos volumes de solução contendo carboidratos periodicamente

RESUMO

A utilização de carboidratos durante o exercício demonstrou melhoras na performance mesmo quando o exercício é de alta intensidade (>75% do VO₂max) e relativamente curto (~1 h). Se tornou claro que os mecanismos implícitos para os efeitos ergogênicos durante este tipo de atividade não são metabólicos, mas podem residir no sistema nervoso central. Enxágues bucais com carboidratos foram mostrados em melhora semelhante da performance, o que sugere que os efeitos benéficos da ingestão de carboidratos durante o exercício não estão limitados às suas vantagens metabólicas convencionais. Os carboidratos também podem servir como um sinal aferente positivo capaz de modificar o rendimento motor. Estes efeitos parecem ser específicos aos carboidratos e independentes do sabor ou doçura. Mais pesquisas são necessárias para entender totalmente as diferentes vias de transdução de sabor para os diferentes tipos de carboidratos e adoçantes, assim como as implicações práticas em diferentes esportes e os diversos aspectos da performance baseada nas necessidades e preferências individuais dos jogadores.

REFERÊNCIAS

- Anantaraman, R., A.A. Carmine, G.A. Gaesser, and A. Weltman (1995). Effects of carbohydrate supplementation on performance during 1 h of high intensity exercise. *Int. J. Sports Med.* 16:461-465.
- Beelen, M., J. Berghuis, B. Bonaparte, S.B. Ballak, A.E. Jeukendrup, and L.J. van Loon (2009). Carbohydrate mouth rinsing in the fed state: Lack of enhancement of time-trial performance. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 19:400-409.
- Beaven, C.M., P. Maulder, A. Pooley, L. Kilduff, and C. Cook (2013). Effects of caffeine and carbohydrate mouth rinses on repeated sprint performance. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 38: 633–637.
- Below, P.R., R. Mora-Rodríguez, J. Gonzáles Alonso, and E.F. Coyle (1995). Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1 h of intense exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27:200-210.
- Berridge, K.C., and T.E. Robinson (1998). What is the role of dopamine in reward: Hedonic impact, reward learning, or incentive salience? *Brain Res. Rev.* 28:309-369.
- Burke, L.M., J.A. Hawley, S.H. Wong, and A.E. Jeukendrup (2011). Carbohydrates for training and competition. *J. Sports Sci.* 29: S17-27.
- Carter, J., A.E. Jeukendrup, and D.A. Jones (2005). The effect of sweetness on the efficacy of carbohydrate supplementation during exercise in the heat. *Can. J. Appl. Physiol.* 30:379-391.
- Carter, J., A.E. Jeukendrup, T. Mundel, and D.A. Jones (2003). Carbohydrate supplementation improves moderate and high-intensity exercise in the heat. *Pflügers Arch.* 446:211-219.
- Carter, J.M., A.E. Jeukendrup, C.H. Mann, and D.A. Jones (2004a). The effect of glucose infusion on glucose kinetics during a 1-h time trial. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36:1543-1550.
- Carter, J.M., A.E. Jeukendrup, and D.A. Jones (2004b). The effect of carbohydrate mouth rinse on 1-h cycle time trial performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36:2107-2111.
- Chambers, E.S., M.W. Bridge, and D.A. Jones (2009). Carbohydrate sensing in the human mouth: Effects on exercise performance and brain activity. *J. Physiol.* 587:1779-1794.
- Chandrashekar, J., M.A. Hoon, N.J.P. Ryba, C.S. Zuker (2006). The receptors and cells for mammalian taste. *Nature* 444:288-294.
- Chong, E., K.J. Guelfi, P.A. Fournier (2011). Effect of a carbohydrate mouth rinse on maximal sprint performance in competitive male cyclists. *J. Sci. Med. Sport* 14:162-167.
- Davis, J.M., N.L. Alderson, and R.S. Welsh (2000). Serotonin and central nervous system fatigue: Nutritional considerations. *Am. J. Clin. Nutr.* 72:573S-578S.
- Desbrow, B., S. Anderson, J. Barrett, E. Rao, and M. Hargreaves (2004). Carbohydrate-electrolyte feedings and 1 h time trial cycling performance. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 14:541-549.
- Dorling, J.L. and C.P. Earnest (2013). Effect of carbohydrate mouth rinsing on multiple sprint performance. *J. Int.Soc. Sports Nutr.* 10: Epub Ahead of Print.
- Fares, E.J., and B. Kayser (2011). Carbohydrate mouth rinse effects on exercise capacity in pre- and postprandial states. *J. Nutr. Metab.* 2011:385962.
- Frank, G.K., T.A. Oberndorfer, A.N. Simmons, M.P. Paulus, J.L. Fudge, T.T. Yang, and W.H. Kaye (2008). Sucrose activates human taste pathways differently from artificial sweetener. *Neuroimage* 39:1559-1569.
- Gam, S., K.J. Guelfi, and P.A. Fournier (2013). Opposition of carbohydrate in a mouth-rinse solution to the detrimental effect of mouth rinsing during cycling time trials. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 23: 48-56.
- Haase, L., B. Cerf-Ducastel, and C. Murphy (2009). Cortical activation in response to pure taste stimuli during the physiological states of hunger and satiety. *Neuroimage* 44:1008-1021. Jeukendrup, A., F. Brouns, A.J. Wagenmakers, and W.H. Saris (1997). Carbohydrate-electrolyte feedings improve 1 h time trial cycling performance. *Int. J. Sports Med.* 18:125-129.
- Jeukendrup, A.E., S. Hopkins, L.F. Aragon-Vargas, and C. Hulston (2008). No effect of carbohydrate feeding on 16 km cycling time trial performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 104:831-837.
- Jeukendrup, A.E., A. Raben, A. Gijzen, J.H. Stegen, F. Brouns, W.H. Saris, and A.J. Wagenmakers (1999). Glucose kinetics during prolonged exercise in highly trained human subjects: Effect of glucose ingestion. *J. Physiol.* 515:579-589.
- Jeukendrup, A.E. (2011). Nutrition for endurance sports: Marathon, triathlon, and road cycling. *J. Sports Sci.* 29(S1): S91–S99.
- Kayser, B. (2003). Exercise starts and ends in the brain. *Eur. J. Appl. Physiol.* 90:411-419.
- Kringelbach, M.L. (2004). Food for thought: Hedonic experience beyond homeostasis in the human brain. *Neuroscience* 126:807-819.
- Lambert, E.V., A. St Clair Gibson, and T.D. Noakes (2005). Complex systems model of fatigue: Integrative homeostatic control of peripheral physiological systems during exercise in humans. *Br. J. Sports Med.* 39:52-62.
- Lane, S.C., S.R. Bird, L.M. Burke, and J.A. Hawley (2013). Effect of a carbohydrate mouth rinse on simulated cycling time trial performance commenced in a fed or fasted state. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 38:134-13.
- McConnell, G.K., B.J. Canny, M.C. Daddo, M.J. Nance, and R.J. Snow (2000). Effect of carbohydrate ingestion on glucose kinetics and muscle metabolism during intense endurance exercise. *J. Appl. Physiol.* 89:1690-1698..
- Nelson, G., M.A. Hoon, J. Chandrashekar, Y. Zhang, N.J. Ryba, and C.S. Zuker (2001). Mammalian sweet taste receptors. *Cell* 106:381-390.
- Neufer, P.D., D.L. Costill, M.G. Flynn, J.P. Kirwan, J.B. Mitchell, and J. Houmard (1987). Improvements in exercise performance: Effects of carbohydrate feedings and diet. *J. Appl. Physiol.* 62:983-988.
- Nikolopoulos, V., M.J. Arkinstall, and J.A. Hawley (2004). Reduced neuromuscular activity with carbohydrate ingestion during constant load cycling. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 14:161-170.
- Noakes, T.D. (2000). Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 10:123-145.
- Painelli, V.S., H. Roschel, B. Gualano, S. Del-Favero, F.B. Benatti, C. Ugrinowitsch, V. Tricoli, and A.H. Lancha Jr. (2011). The effect of carbohydrate mouth rinse on maximal strength and strength endurance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 111: 2381-2386.
- Palmer, G.S., M.C. Clancy, J.A. Hawley, I.M. Rodger, L.M. Burke, and T.D. Noakes (1998). Carbohydrate ingestion immediately before exercise does not improve 20km time trial performance in well trained cyclists. *Int. J. Sports Med.* 19:415-418.
- Pottier, A., J. Bouckaert, W. Gillis, T. Roels, and W. Derave (2010). Mouth rinse but not ingestion of a carbohydrate solution improves 1-h cycle time trial performance. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 20: 105-111.
- Rollo, I., M. Cole, R. Miller, and C. Williams (2010a). Influence of mouth rinsing a carbohydrate solution on 1-h running performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 42:798-804.

- Rollo, I. and C. Williams (2010b). Influence of ingesting a carbohydrate-electrolyte solution before and during a 1-hour run in fed endurance-trained runners. *J Sports Sci.* 28: 593-601.
- Rollo, I., C. Williams, N. Gant, and M. Nute (2008). The influence of carbohydrate mouth rinse on self-selected speeds during a 30-min treadmill run. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 18:585-600.
- Rollo, I., C. Williams, and Neville, M (2011). Influence of ingesting versus mouth rinsing a carbohydrate solution during a 1-h run. *Med. Sci. Sports Exerc.* 43: 468-475.
- Rolls, E.T. (2007). Sensory processing in the brain related to the control of food intake. *Proc. Nutr. Soc.* 66:96-112.
- Scott, T.R., and C.R. Plata-Salaman (1999). Taste in the monkey cortex. *Physiol. Behav.* 67:489-511.
- Simon, S.A., I.E. de Araujo, R. Gutierrez, and M.A.L. Nicolelis (2006). The neural mechanisms of gustation: A distributed processing code. *Nature Reviews Neuroscience* 7:890-901.
- Sinclair, J., L. Bottoms, C. Flynn, E. Bradley, E. Alexander, S. McCullagh, T. Finn, and H. Thomas Hurst (2013). The effect of different durations of carbohydrate mouth rinse on cycling performance. *Eur J. Sport Sci.* Epub Ahead of Print.
- Small, D.M., G. Bender, M.G. Veldhuizen, K. Rudenga, D. Nachtigal, and J. Felsted (2007). The role of the human orbitofrontal cortex in taste and flavor processing. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1121:136-151.
- St Clair Gibson, A., M.L. Lambert, and T.D. Noakes (2001). Neural control of force output during maximal and submaximal exercise. *Sports Med.* 31:637-650.
- Whitham, M., and J. McKinney (2007). Effect of a carbohydrate mouthwash on running time-trial performance. *J. Sports Sci.* 25:1385-1392.