



Efeitos do consumo prévio de carboidratos sobre a resposta glicêmica e desempenho

Katiuce Borges Sapata¹, Ana Paula Trussardi Fayh¹ e Alvaro Reischak de Oliveira¹

RESUMO

Introdução e Objetivo: A nutrição é uma importante ferramenta dentro da prática desportiva. Dentre os nutrientes, os carboidratos destacam-se como uma fonte energética importante. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi verificar a influência da resposta glicêmica no desempenho de indivíduos saudáveis, após a ingestão de bebidas com diferentes tipos de carboidratos. **Métodos:** Foram avaliados 10 voluntários, do sexo masculino, com idade de $23 \pm 2,1$ anos. Os voluntários preencheram recordatório alimentar de três dias e de atividade física. Foram realizadas avaliações antropométricas e teste de cargas progressivas em cicloergômetro para determinação do consumo máximo de oxigênio e limiares ventilatórios. Cada voluntário realizou três testes submáximos na intensidade do 2º limiar ventilatório. Trinta minutos antes de cada teste submáximo, foram ingeridos 250ml de uma das bebidas compostas por: maltodextrina (malto), glicose (glicose), ou suco dietético (placebo). Foram realizadas punções de sangue capilar para determinação dos níveis glicêmicos e lactato sanguíneo. **Resultados e Conclusão:** Houve aumento significativo na glicemia após 30 minutos do consumo da bebida malto ($87,4 \pm 11,2$ para $116,9 \pm 19,6$ ml.dl⁻¹). Aos 15 minutos do exercício, houve diminuição nos níveis glicêmicos após o consumo das bebidas malto ($116,9 \pm 19,6$ para $77,6 \pm 14,5$ ml.dl⁻¹) e glicose ($113,2 \pm 23,5$ para $81,8 \pm 13,1$ ml.dl⁻¹) em comparação com o placebo. A ingestão da bebida glicose provocou aumento significativo na frequência cardíaca durante o exercício ($167,7 \pm 14,2$ e $177,1 \pm 10,4$ bpm). O consumo de bebidas com diferentes tipos de carboidratos e de alto índice glicêmico antes do exercício não foi capaz de alterar o desempenho dos voluntários; entretanto, ocasionou alterações na glicemia e na frequência cardíaca durante o exercício. Embora se especule que oscilações na glicemia durante o exercício possam prejudicar o desempenho em exercícios de longa duração, esse fato não foi verificado em nosso estudo.

ABSTRACT

Effect of prior consumption of carbohydrate on the glycaemia and performance

Bases and Objective: Nutrition is an important tool for the sport practice. Among the nutrients, the carbohydrates are one of the most important. In that way the aim of this study was analyze the influence of glycaemic response on performance of healthy subjects, after intake of different carbohydrate solutions. **Methods:** Ten healthy male subjects, 23 ± 2.1 years old, were asked to answer a three days nutritional and physical activity recordatory. Anthropometric data were collected and a progressive test in cycle

Palavras-chave: Bebidas carboidratadas. Glicemia. Exercício.

Keywords: Carbohydrate drinks. Glycaemia. Exercise.

Palabras-clave: Bebidas carboidratadas. Glicemia. Ejercicio.

ergometer was performed to measure the maximal oxygen uptake and ventilatory thresholds. Each subject performed three submaximal tests at the intensity of second ventilatory threshold. Thirty minutes before each submaximal test, 250 ml of each drink: maltodextrin (Malto), glucose (Glicose) plus sport drink or dietetic juice (Placebo) was ingested. Venous blood was collected to determine the glycaemic index and lactate. **Results and Conclusion:** There was a significant increase after 30 minutes when the subjects ingested maltodextrin solution (87.4 ± 11.2 to 116.9 ± 19.6 ml.dl⁻¹). After 15 minutes of exercise, there was a decrease in the glycaemia after the consumption of Malto (116.9 ± 19.6 to 77.6 ± 14.5 ml.dl⁻¹) and Glicose (113.2 ± 23.5 to 81.8 ± 13.1 ml.dl⁻¹) plus sport drink solutions when compared with Placebo solution. The glucose plus sport drink solution induced a significant increase in the heart rate during exercise (167.7 ± 14.2 and 177.1 ± 10.4 bpm). The consumption of different carbohydrate solutions with high glycaemic index before exercise was not capable to change the performance of the volunteers. However it induced changes in the glycaemia and heart rate during exercise. Thus the oscillations on glycaemia during exercise may affect negatively the long distance performance, this fact was not verified in our study.

RESUMEN

Efectos del consumo previo de carbohidratos sobre la respuesta de glicemia y desempeño

Introducción y objetivo: La nutrición es una importante herramienta dentro de la práctica deportiva. Entre los nutrientes, los carbohidratos se destacan como una fuente energética importante. De esta forma el objetivo de este trabajo ha sido verificar la influencia de la respuesta de glicemia en el desempeño de individuos saludables después de la ingestión de bebidas con diferentes tipos de carbohidratos. **Métodos:** Fueron evaluados 10 voluntarios, del sexo masculino, con edades de $23 \pm 2,1$ años. Los voluntarios rellenaron un impreso de datos alimentarios de tres días y de actividad física. Fueron realizadas evaluaciones antropométricas y test de cargas progresivas e cicloergómetro para determinar el consumo máximo de oxígeno y límites de ventilación. Cada voluntario realizó tres tests submáximos en la intensidad del 2º límite de ventilación. Treinta minutos antes de cada test submáximo, fueron ingeridos 250ml de una de las bebidas compuestas por: maltodextrina (Malto), glicosis (Glicosis), o zumo dietético (Placebo). Fueron realizadas punciones de sangre capilar para determinar los niveles de glicemia y lactato sanguíneo. **Resultados y conclusiones:** Hubo aumento significativo en la glicemia después de 30 minutos del consumo de la bebida Malto ($87,4 \pm 11,2$ para $116,9 \pm 19,6$ ml.dl⁻¹). A los 15 minutos del ejercicio, hubo disminución en los niveles de de glicemia después del consumo de las bebidas Malto ($116,9 \pm 19,6$ para $77,6 \pm 14,5$ ml.dl⁻¹) y Gli-

1. Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) – Escola de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Recebido em 25/8/05. Versão final recebida em 26/4/06. Aceito em 26/4/06.

Endereço para correspondência: Katiuce Borges Sapata, Rua Felizardo, 750, Jd. Botânico – 90690-200 – Porto Alegre, RS, Brasil. Tels.: (51) 3316-5861/8117-0761, fax: (51) 3316-5811. E-mail: katiuceborges@hotmail.com

cosis ($113,2 \pm 23,5$ para $81,8 \pm 13,1$ ml.dl⁻¹) en comparación al Placebo. La ingestión de la bebida de Glicosis provocó un aumento significativo en la frecuencia cardíaca durante el ejercicio ($167,7 \pm 14,2$ e $177,1 \pm 10,4$ bpm). El consumo de bebidas con diferentes tipos de carbohidratos y de alto índice glicémico antes del ejercicio no fue capaz de alterar el desempeño de los voluntarios, sin embargo ocasionó alteraciones en la glicemia y en la frecuencia cardíaca durante el ejercicio. Aunque se especule que oscilaciones en la glicemia durante el ejercicio puedan perjudicar el desempeño en ejercicios de larga duración, este hecho no fue verificado en nuestro presente estudio.

INTRODUÇÃO

A nutrição é uma importante ferramenta dentro da prática desportiva, pois, quando bem orientada, pode reduzir a fadiga, permitindo que o atleta treine durante mais tempo ou que se recupere melhor entre os treinos⁽¹⁾. Como vários nutrientes alimentares fornecem energia e regulam os processos fisiológicos relacionados ao exercício, seria tentador associar as modificações dietéticas ao aprimoramento do desempenho atlético⁽²⁾.

Segundo as Recomendações de Ingestão Dietéticas (RID), do *National Research Council Subcommitee*, de 1989⁽³⁾, em uma dieta equilibrada os carboidratos devem representar a maior parte da ingestão energética. Mesmo sendo pequenas as reservas de glicogênio do organismo⁽⁴⁾, elas são importantes durante o período de jejum e também durante a situação de exercício prolongado, na qual a glicose e os ácidos graxos são oxidados para fornecer energia para a contração muscular⁽⁵⁾.

Os carboidratos são divididos em três categorias principais: monossacarídeos, dissacarídeos e polissacarídeos. Como exemplos de monossacarídeos há a glicose e a frutose; como dissacarídeos, a sacarose, maltose e lactose; e, no grupo dos polissacarídeos, destacam-se os carboidratos complexos, que incluem os polímeros de glicose (como a maltodextrina)⁽⁶⁾.

Devido ao fato de o organismo não digerir e nem absorver todos os carboidratos com a mesma velocidade, um mecanismo denominado índice glicêmico foi desenvolvido para avaliar o efeito dos carboidratos sobre a glicose sanguínea⁽⁷⁾. O índice glicêmico é um indicador qualitativo da habilidade de um carboidrato ingerido em elevar os níveis glicêmicos no sangue⁽⁸⁾, fornecendo informações efetivas para um plano nutricional apropriado em relação à suplementação estratégica de carboidratos para o exercício⁽⁹⁾. Isso vem sugerir que, além do tipo de carboidrato (simples ou complexo), o índice glicêmico pode ser usado como um guia de referências para a seleção do suporte nutricional ideal de carboidratos para os esportistas.

Quanto mais intenso o exercício for, maior será sua dependência em relação ao carboidrato como combustível⁽⁴⁾. Sendo assim, as mensurações de alguns índices de limitação funcional durante a atividade física tornam-se importantes para que seja possível fazer um acompanhamento adequado do estado físico do indivíduo. Dentre essas variáveis encontram-se a frequência cardíaca (FC), o consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2\text{máx}}$) e o lactato sanguíneo⁽¹⁰⁾, que auxiliam no controle do treinamento e desempenho físico de atletas e praticantes de atividades físicas.

As bebidas contendo diferentes quantidades e tipos de eletrólitos e/ou nutrientes como carboidratos são utilizadas por atletas e praticantes de atividade física com a finalidade de melhorar o desempenho físico. As bebidas esportivas podem ser consumidas antes, durante e após o exercício. Quando ingeridas antes, têm como propósito prevenir ou retardar os distúrbios homeostáticos que podem acompanhar a atividade física, assegurando um volume plasmático adequado desde o início do exercício, promovendo um pequeno reservatório de fluidos no lúmen gastrointestinal, que será absorvido durante a atividade. Além disso, o consumo no pré-exercício pode otimizar as concentrações de glicose no

sangue circulante, através do fornecimento de carboidratos⁽¹¹⁾. Quando utilizados durante o exercício, os carboidratos podem melhorar o desempenho, como demonstrado no estudo de Carter *et al.*⁽¹²⁾. O consumo de soluções contendo carboidratos após o exercício é recomendado pela Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte⁽¹³⁾, visando favorecer uma máxima ressíntese de glicogênio muscular e hepático.

O efeito do consumo de bebidas com carboidratos no pré-exercício em relação ao metabolismo e desempenho ainda é questionado. Alguns estudos apresentaram melhoras no desempenho⁽¹⁴⁻¹⁶⁾, enquanto outros não obtiveram efeitos⁽¹⁷⁻²⁰⁾ ou até mesmo demonstraram diminuição na *performance*^(21,22). Portanto, este trabalho visa elucidar os efeitos do consumo prévio de bebidas com diferentes tipos de carboidratos antes de um exercício em cicloergômetro com intensidade fixa no segundo limiar ventilatório.

MÉTODOS

Amostra – Foram avaliados 10 voluntários, do sexo masculino, saudáveis, não fumantes e não atletas, que não faziam uso de suplementos, que foram convidados a participar do estudo mediante exposição do projeto e assinatura do termo de consentimento informado. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Rede Metodista de Educação IPA (nº 1.100 de 6/8/2004).

Intervenção dietética – A partir do preenchimento do inquérito alimentar de três dias, recordatório de atividade física e realização da avaliação antropométrica⁽²³⁾, foram calculadas dietas individualizadas contendo 60% de carboidratos, 12% de proteínas e 28% de lipídios, com o auxílio do *software* de nutrição *Dietwin* versão *Professional 2.0*, as quais deveriam ser seguidas durante os três dias precedentes a cada teste submáximo.

Teste preliminar – Inicialmente, realizou-se um teste de cargas progressivas em cicloergômetro com o objetivo de verificar o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ e os limiares ventilatórios (LV) de cada voluntário, conforme o protocolo proposto por Lucia *et al.*⁽²⁴⁾. O $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ foi determinado com a utilização de ergoespirômetro (*CPX-D*, Medical Graphics Corporation, EUA) e de cicloergômetro (*The Byke*, Cybex, EUA). A FC foi obtida através de frequencímetro (*Polar S610*, Finlândia). A partir dos resultados obtidos foram determinados os LV. O consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) do primeiro limiar ventilatório (LV1) foi determinado a partir do primeiro aumento desproporcional da ventilação (VE) em relação ao $\dot{V}O_2$, proporcional ao aumento na produção de dióxido de carbono (CO_2). O segundo limiar ventilatório (LV2), foi determinado através do aumento simultâneo no equivalente ventilatório de oxigênio ($\text{VE} \cdot \dot{V}O_2^{-1}$) e do equivalente ventilatório de CO_2 ($\text{VE} \cdot \dot{V}\text{CO}_2^{-1}$), enquanto a pressão expirada de CO_2 ($P_{\text{ET}}\text{CO}_2$) começava a aumentar. O $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ foi determinado como o maior valor obtido em períodos de 30s durante o teste.

Bebidas – Trinta minutos antes de iniciar o exercício, os voluntários ingeriram 250ml de uma das três diferentes bebidas definidas através de um sorteio prévio. As bebidas foram denominadas e constituídas da seguinte forma: bebida placebo – constituída de suco com sabor e sem adição de açúcar da marca *Clight*[®] (composição: 0g de CHO); bebida malto – constituída de 1g de maltodextrina/kg de massa corporal, reconstituída em água, no mesmo sabor da bebida placebo; bebida glicose – constituída de 250ml de *Gatorade*[®] (composição: 18g de CHO) adicionada da quantidade de glicose necessária para completar 1g de glicose/kg de massa corporal no mesmo sabor das demais bebidas. O *Gatorade*[®] foi utilizado apenas na bebida à base de glicose para dar sabor à preparação, já que tanto a solução placebo (composta por suco dietético) quanto a solução à base de maltodextrina possuíam sabores iguais. Todas as bebidas foram preparadas pelo mesmo pesquisador; os voluntários não tinham conhecimento do conteúdo da bebida que estavam ingerindo.

Testes experimentais – Cada voluntário realizou três testes submáximos no 2º limiar ventilatório, com o objetivo de verificar a variação na glicemia e desempenho após a ingestão prévia das três diferentes bebidas. Para a verificação da glicemia, utilizou-se glicosímetro (*Accu Check Active*, Roche, Alemanha), e para avaliação do desempenho, analisaram-se as variáveis FC e taxa de troca respiratória (RER) durante o exercício, bem como a concentração de lactato sanguíneo (lactímetro *AccuSport*, Roche, Alemanha) e perda de peso ao final do exercício. Antes da ingestão das bebidas, foi coletada uma amostra de sangue capilar para determinação da glicemia em repouso. Trinta minutos após o consumo da bebida, era verificado o peso do voluntário e medida novamente a glicemia capilar. Imediatamente após esse procedimento, iniciava-se o exercício, cujo protocolo consistiu de um período de incremento de carga até a estabilização da carga-alvo, que poderia durar até 10 minutos. Após esse período de adaptação, a glicemia era medida a cada 15 minutos do exercício, que era executado até a exaustão ou até completar 60 minutos. Ao final do teste, além da aferição da glicemia, também foi mensurado o lactato sanguíneo e o indivíduo era pesado para verificação da perda de peso por sudorese. O mesmo protocolo foi repetido nos dois testes seguintes, com a ingestão prévia das demais bebidas.

Análise estatística – Os dados foram estruturados e analisados utilizando o pacote estatístico *SPSS (Statistical Package for Social Sciences)*, versão 12.0 para *Windows*. Utilizaram-se os testes de Shapiro-Wilk e Levene para verificar os pressupostos de normalidade e homogeneidade das variâncias, respectivamente. Para os resultados de glicemia nos diferentes momentos, utilizou-se ANOVA *two way* para medidas repetidas e *post hoc* de Tukey, quando verificadas alterações significativas. Para os resultados de lactato ao final do exercício, perda de peso, FC, RER e tempo de exercício utilizaram-se ANOVA *one way* e teste *post hoc* de Tukey. Os resultados foram expressos em média \pm desvio-padrão e o nível de significância aceito foi de $p < 0,05$.

RESULTADOS

A população estudada, como descrito na tabela 1, foi caracterizada como eutrófica⁽²⁵⁾, apresentando valores de $FC_{m\acute{a}x}$ dentro dos valores esperados. Os valores encontrados para o $VO_{2m\acute{a}x}$ e o LV indicaram, segundo o *American College of Sports Medicine*⁽²⁶⁾, uma população sedentária saudável, não tendo nenhum dos voluntários apresentado alterações na glicemia de jejum.

TABELA 1
Caracterização da amostra

	Média \pm dp
Idade (anos)	23 \pm 2,10
Peso (kg)	72,71 \pm 6,69
Estatura (cm)	177,1 \pm 5,15
IMC (kg/m ²)	23,16 \pm 1,32
Gordura (%)	16,63 \pm 5,63
$VO_{2m\acute{a}x}$ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	44,97 \pm 7,68
$FC_{m\acute{a}x}$ (bpm)	180,1 \pm 15,84
LV (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	33,71 \pm 5,15
Glicemia jejum (mg/dl)	91,06 \pm 7,47

Valores expressos em média \pm dp dos 10 participantes do estudo.

A ingestão calórica dos voluntários encontrou-se dentro dos padrões recomendáveis para indivíduos saudáveis quando analisados carboidratos (56,69% \pm 6,45) e lipídios (25,95% \pm 4,20); no entanto, apresentaram consumo protéico acima do recomendado (17,34% \pm 3,13) para indivíduos não atletas⁽³⁾.

Não houve diferenças significativas, entre os grupos, na perda de peso ocorrida devido ao exercício ($p = 0,190$), nos valores de lactato final ($p = 0,077$), na $FC_{m\acute{a}x}$ ($p = 0,211$) nos testes submáximos e no tempo total de exercício ($p = 0,683$) (tabela 2).

TABELA 2
Perda de peso, lactato final, tempo em exercício e $FC_{m\acute{a}x}$ no exercício após o consumo de diferentes bebidas

	Perda de peso	Lactato final	Tempo exercício	$FC_{m\acute{a}x}$
Bebida placebo	0,59 \pm 0,36	9,26 \pm 3,9	37,9 \pm 17,8	175,1 \pm 11,6
Bebida malto	0,54 \pm 0,25	6,45 \pm 2,5	34,9 \pm 15,1	177,4 \pm 8,7
Bebida glicose	0,55 \pm 0,24	9,15 \pm 3,7	39 \pm 14,7	178,1 \pm 11,7

Valores expressos em média \pm dp da perda de peso (kg), lactato ao final do exercício (mg/dl), tempo de teste (min), e $FC_{m\acute{a}x}$ no exercício dos 10 voluntários durante a realização de cada teste submáximo após consumo das bebidas: placebo, malto (bebida à base de maltodextrina) e glicose (bebida à base de glicose).

Após o consumo das bebidas placebo e glicose, os voluntários não apresentaram alterações na glicemia nos períodos antes e após 30 minutos de ingestão (88,5 \pm 14,9 para 74,7 \pm 25,6ml.dl⁻¹, $p = 0,240$ e 97,3 \pm 14,5 para 113,2 \pm 23,5ml.dl⁻¹, $p = 0,091$, respectivamente), diferentemente da resposta glicêmica após o consumo da bebida malto, que aumentou a glicemia significativamente (87,4 \pm 11,2 para 116,9 \pm 19,6ml.dl⁻¹, $p = 0,001$) no mesmo período (gráfico 1).

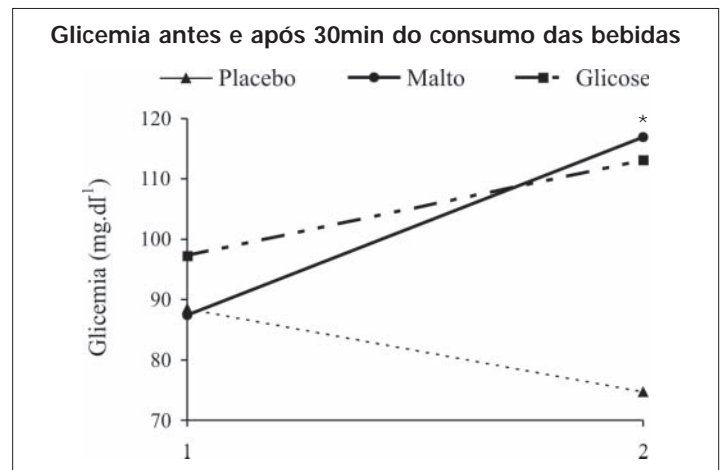


Gráfico 1 – Glicemia dos 10 voluntários antes (1) e após (2) 30 minutos do consumo das bebidas malto (bebida à base de maltodextrina), glicose (bebida à base de glicose) e placebo, sem intervenção do exercício. *Diferença significativa após o consumo da bebida malto ($p = 0,001$). Dados expressos em média \pm dp.

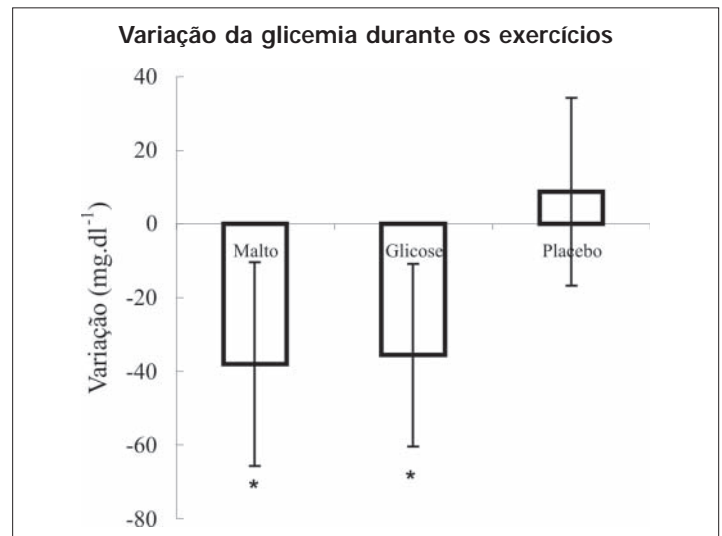


Gráfico 2 – Variação da glicemia entre o início e o final dos testes após consumo das bebidas malto (bebida à base de maltodextrina), glicose (bebida à base de glicose) e placebo. *Diferenças significativas após consumo das bebidas malto ($p = 0,002$) e glicose ($p = 0,001$). Dados expressos em média \pm dp.

Após 15 minutos de exercício, a glicemia manteve-se estável depois do consumo da bebida placebo, diminuindo significativamente nos grupos que ingeriram as bebidas malto e glicose ($116,9 \pm 19,6$ para $77,6 \pm 14,5$ ml.dl⁻¹, $p = 0,000$ e $113,2 \pm 23,5$ para $81,8 \pm 13,1$ ml.dl⁻¹, $p = 0,002$, respectivamente). Entre os 15 e 30 minutos de exercício, não houve diferenças estatisticamente significativas nos três grupos; no entanto, quem consumiu a bebida glicose apresentou tendência a diminuir os níveis glicêmicos. Entre 30 e 45 minutos de exercício, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas. Após o consumo das bebidas malto e glicose, ocorreu diminuição significativa na glicemia ($116,9 \pm 19,6$ para $78,8 \pm 17,8$ ml.dl⁻¹, $p = 0,002$ e $113,2 \pm 23,5$ para $77,6 \pm 10,4$ ml.dl⁻¹, $p = 0,001$, respectivamente) quando comparados os grupos antes e após o exercício, enquanto que a bebida placebo não modificou significativamente a glicemia ($74,7 \pm 25,7$ para $83,4 \pm 21,05$, $p = 0,309$) (gráfico 2).

Não foram encontradas diferenças significativas ao longo dos testes submáximos nos dados do RER.

Quando analisada a frequência cardíaca ao longo do exercício, não foram encontradas alterações significativas após o consumo da bebida placebo ($166,1 \pm 15,7$ e $169,6 \pm 19,6$ bpm, $p = 0,984$) e da bebida malto ($173,1 \pm 13,4$ e $175,2 \pm 7,64$, $p = 0,193$); no entanto, após o consumo da bebida glicose houve aumento altamente significativo ($167,7 \pm 14,2$ e $177,1 \pm 10,4$ bpm, $p = 0,004$).

DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Na literatura encontramos divergências sobre o consumo de bebidas compostas por diferentes tipos de carboidratos e sua relação com o desempenho em exercícios realizados em cicloergômetro. Alguns estudos relatam que o consumo de carboidratos com alto conteúdo glicêmico antes do exercício afetaria negativamente o desempenho de *endurance* por ocasionar elevação rápida da glicemia do sangue, o que acarretaria hipoglicemia reativa ou hipoglicemia de rebote, por induzir aumento da liberação de insulina pelo pâncreas⁽¹⁵⁾. A hipoglicemia de rebote resultante, o catabolismo das gorduras deprimido e a possível depleção precoce das reservas de glicogênio podem exercer impacto negativo sobre o desempenho de *endurance*⁽²⁷⁾. Foster *et al.*⁽²¹⁾ demonstraram que o consumo de 75g de glicose 45 minutos antes de um exercício relativamente intenso ($84\% \dot{V}O_{2\text{ pico}}$) estava associado com diminuição no tempo até a exaustão, comparada com uma refeição mista ou controle.

Os dados do presente estudo sugerem que o consumo de bebidas carboidratadas 30 minutos antes do exercício, compostas por carboidratos simples ou complexos (glicose e maltodextrina, respectivamente) e ambas as soluções de alto índice glicêmico⁽¹⁾, não alteraram o desempenho no exercício quando comparadas com a ingestão de bebidas sem carboidratos (placebo). Nossos resultados corroboram os achados de Febbraio e Stewart⁽¹⁷⁾ e Febbraio *et al.*⁽¹⁸⁾. No estudo de Hargreaves *et al.*⁽¹⁵⁾, o consumo de carboidratos de alto índice glicêmico, 45 minutos antes do exercício, não gerou efeitos no desempenho, independentemente da resposta glicêmica. Outros estudos, nos quais foram comparadas soluções com baixo e alto índice glicêmico com placebo, demonstraram que, quando foram ingeridos carboidratos com alto índice glicêmico, houve aumento na utilização de CHO durante o exercício, mas também sem efeitos no desempenho^(19,28).

Ao analisarmos os resultados dos níveis glicêmicos deste estudo, verificamos que, após o consumo da bebida à base de glicose, não houve modificações na glicemia até o início do exercício (período este de 30 minutos). Essa inalteração nos níveis glicêmicos, segundo McArdle *et al.*⁽²⁷⁾, pode ter sido ocasionada pela hipoglicemia de rebote, ou seja, o consumo da solução composta por um carboidrato simples e de alto índice glicêmico geraria aumento nas concentrações de glicose sanguínea entre os 5 e 10 minutos após a ingestão. Essa elevação na glicemia levaria ao aumen-

to da liberação de insulina pelo pâncreas que, devido ao rápido transporte da glicose plasmática para as células através dos transportadores de glicose do tipo 4 (GLUT-4)⁽²⁹⁾, ocasionaria queda na glicose plasmática, retornando a valores glicêmicos basais próximos ao início do exercício. No estudo de Marmy-Conus *et al.*⁽³⁰⁾, a queda nos níveis glicêmicos ocorreu após 20 minutos do consumo da bebida à base de glicose, retornando posteriormente a valores próximos aos iniciais.

Com o início do exercício, a glicemia decresceu significativamente após o consumo da bebida à base de glicose ($p = 0,002$) até os 15 minutos de teste, comparado com a ingestão da bebida placebo. Nossos resultados corroboram os achados de Febbraio e Stewart⁽¹⁷⁾ em um estudo no qual a elevação nos níveis glicêmicos ocorreu após aproximadamente 15 minutos do consumo da solução com alto índice glicêmico, seguida pela queda constante até o início do exercício (45 minutos após a ingestão). No entanto, nos estudos realizados por Kirwan *et al.*⁽³¹⁾, o consumo de uma refeição com alto índice glicêmico ocasionou elevação nos níveis glicêmicos após 30 minutos do consumo, seguida por queda constante até o final do exercício. No estudo de Febbraio *et al.*⁽¹⁹⁾, essa queda após o início do exercício prosseguiu até aproximadamente 40 minutos, seguida por elevação na glicemia até os 90 minutos de exercício, com nova diminuição após esse período. Isso pode ter ocorrido devido ao aumento da oxidação de carboidratos e redução da oxidação de ácidos graxos durante o exercício.

Nos resultados dos níveis glicêmicos após o consumo da bebida à base de maltodextrina verificamos diferenças significativas quando comparados com os obtidos após a ingestão da bebida à base de glicose e da bebida placebo. A maltodextrina, por ser classificada como um carboidrato de alto índice glicêmico e ao mesmo tempo complexo, faz com que a glicose passe para a circulação sanguínea de forma mais lenta. Sendo assim, a elevação da curva glicêmica se mantém por mais tempo. No estudo de Kirwan *et al.*⁽³¹⁾, quando oferecida uma refeição com carboidrato complexo e de alto índice glicêmico 45 minutos antes do exercício, houve aumento da glicemia após 30 minutos do consumo. Depois desse período, houve diminuição na glicemia até o final do teste. Em nosso estudo, quando fornecida a solução de semelhante classificação, essa queda se sucedeu até os 15 minutos de exercício, e depois houve estabilização.

Quando os voluntários ingeriram a bebida placebo, não foram encontradas oscilações na glicemia, tanto com a intervenção da bebida quanto com a influência do exercício. Esse comportamento da curva glicêmica era esperado e corrobora os resultados encontrados em demais estudos⁽³¹⁻³³⁾. Durante um exercício com duração de 30 minutos ou mais, as concentrações de insulina tendem a baixar, embora a de glicose possa permanecer relativamente constante⁽³⁴⁾. Esse fato deve-se provavelmente a aumento gradual nas concentrações plasmáticas de glucagon, que vai estimular a glicogenólise hepática. Com isso, aumenta-se a disponibilidade de glicose para células, mantendo adequadas as concentrações plasmáticas de glicose para satisfazer as demandas metabólicas aumentadas pelo exercício.

A frequência cardíaca não apresentou diferenças significativas ao longo do exercício após a ingestão da bebida placebo e da composta por maltodextrina. Entretanto, quando os indivíduos ingeriram a bebida adicionada de glicose, foi observado aumento significativo ($167,7 \pm 14,28$ para $177,1 \pm 10,43$; $p = 0,004$) da FC ao longo do exercício (após período de adaptação até o final do teste). No entanto, essa alteração não foi verificada nos estudos realizados por Fielding *et al.*⁽³⁵⁾, Kirwan *et al.*⁽³¹⁾ e Sparks *et al.*⁽³³⁾. A elevação da FC poderia estar relacionada com o aumento da insulina^(36,37). A insulina gera um efeito adrenérgico que, por sua vez, induz um efeito cronotrópico positivo sobre o coração⁽³⁸⁾. O efeito da insulina é evidente, mesmo quando a hipoglicemia é evitada por infusão de glicose ou quando os receptores β -adrenérgicos são bloqueados⁽³⁹⁾. Dessa forma, sugere-se que, quando houvesse

maior disponibilidade de glicose, haveria maior produção de insulina⁽³⁹⁾, proporcionando aumento da atividade do sistema nervoso simpático e, assim, elevando a FC⁽³⁶⁾. No entanto, como não foi mensurada a insulina sérica durante o nosso estudo, seriam necessários novos estudos a fim de testar essa hipótese.

O lactato sanguíneo, que pode ser usado como um índice de diagnóstico, prescrição e controle de intensidade do exercício⁽⁴⁰⁾, não apresentou diferenças após os testes com as três diferentes bebidas. Nossos dados corroboram os resultados obtidos no estudo de Gleeson *et al.*⁽¹⁶⁾. No estudo de Febbraio e Stewart⁽¹⁷⁾, os níveis de lactato sanguíneo mostraram-se aumentados após um período de 120 minutos de exercício em comparação com o estado de repouso. No entanto, quando comparados os grupos que ingeriram as refeições de alto índice glicêmico, baixo índice glicêmico e placebo, não se verificaram alterações significativas. Os valores encontrados em nosso estudo sugerem que os três testes submáximos foram realizados na mesma intensidade. A medida de lactato sanguíneo é bastante utilizada para predição do desempenho no exercício^(41,42), assim como o tempo de exaustão. O tempo de exercício não foi alterado pelo consumo das bebidas, sendo, portanto, razoável que a concentração de lactato ao final do exercício também não seja diferente.

Não encontramos diferenças significativas nos valores do RER durante os testes precedidos do consumo das bebidas placebo, malto e glicose. No entanto, DeMarco *et al.*⁽⁴³⁾, ao comparar o consumo de soluções com alto índice glicêmico, baixo índice glicêmico (1,5g de CHO/kg de peso) e placebo, encontraram aumento no

RER no grupo que consumiu a solução de alto índice glicêmico, comparado com os outros dois grupos nos primeiros 100 minutos de exercício, seguido por diminuição até os 120 minutos. O aumento nos valores do RER também foi demonstrado no estudo de Sparks *et al.*⁽³³⁾; em que a ingestão de uma solução de alto índice glicêmico elevou o RER, concomitantemente com aumento na oxidação de carboidratos. Provavelmente, se não limitássemos o tempo de teste, poderíamos encontrar diferenças significativas no RER dos voluntários após o consumo das diferentes bebidas.

Este estudo demonstrou que o consumo de bebidas com diferentes tipos de carboidratos (simples e complexos) e de alto índice glicêmico, 30 minutos antes de um exercício submáximo no 2º limiar ventilatório, não foi capaz de alterar o desempenho dos voluntários. No entanto, foram verificadas alterações na glicemia após consumo das soluções à base de glicose e maltodextrina no período de adaptação ao exercício. Também foi verificado aumento na FC após o consumo da solução à base de glicose. Embora se especule que oscilações na glicemia durante o exercício possam prejudicar o desempenho em exercícios de longa duração, esse fato não foi verificado em nosso estudo. Estudos adicionais mensurando concentrações séricas de hormônios pancreáticos e adrenérgicos são necessários para melhor elucidarmos esses achados.

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

REFERÊNCIAS

1. Williams C, Devlin JT. Foods, nutrition and sports performance: an international scientific consensus organized by Mars, Incorporated with International Olympic Committee patronage. London: E & FN SPON, 1992.
2. Ferreira AMD, Ribeiro BG, Soares EA. Consumo de carboidratos e lipídios no desempenho em exercícios de ultra-resistência. *Rev Bras Med Esporte* 2001;7: 67-74.
3. National Research Council Subcommittee. RDAs, Recommended Dietary Allowances. 10th ed., Washington, DC: National Academy Press, 1989.
4. Maughan RJ, Burke LM. Nutrição esportiva. 1ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.
5. Liebman M, Wilkinson JG. Metabolismo de carboidratos e condicionamento físico. In: Wolinsky I, Hickson Jr. Nutrição no exercício e no esporte. 2ª ed. São Paulo: Roca, 2002.
6. Sackheim GI, Lehman DD. Química e bioquímica para ciências biomédicas. 8ª ed. São Paulo: Manole, 2001.
7. Jenkins DJ, Woleyer TM, Taylor RH, Barker H, Fielden H, Baldwin JM, et al. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr* 1981;34:362-6.
8. Siu PM, Wong SH. Use of the glycemic index: effects on feeding patterns and exercise performance. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci* 2004;23:1-6.
9. Colberg SR. Atividade física e diabetes. 1ª ed. São Paulo: Manole, 2003.
10. Hargreaves M. Ingestão de carboidratos durante os exercícios: efeitos no metabolismo e no desempenho. *Sports Science Exchange* 2000;25:1-5.
11. Wolinsky I, Hickson Jr. Nutrição no exercício e no esporte. 2ª ed. São Paulo: Roca, 2002.
12. Carter J, Jeukendrup AE, Jones DA. The effect of sweetness on the efficacy of carbohydrate supplementation during exercise in the heat. *Can J Appl Physiol* 2005;30(4):379-91.
13. Diretriz da Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte. Modificações dietéticas, reposição hídrica, suplementos alimentares e drogas: comprovação de ação ergogênica e potenciais de riscos para a saúde. *Rev Bras Med Esporte* 2003;9: 43-55.
14. Ribeiro BG, Pierucci APT, Soares EA, Carmo MGT. A influência dos carboidratos no desempenho físico. *Rev Bras Med Esporte* 1998;4:197-202.
15. Hargreaves M, Costill DL, Katz A, Fink WJ. Effects of fructose ingestion on muscle glycogen usage during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1985;17:360-3.
16. Gleeson M, Maughan RJ, Greenhaff PL. Comparison of the effects of pre-exercise feeding of glucose, glycerol and placebo on endurance and fuel homeostasis in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1986;55:645-53.
17. Febbraio MA, Stewart KL. CHO feeding before prolonged exercise: effect of glycemic index on muscle glycogenolysis and exercise performance. *J Appl Physiol* 1996;81:1115-20.
18. Febbraio MA, Chiu A, Angus DJ, Arkinstall MJ, Hawley JA. Effects of carbohydrate ingestion before and during exercise on glucose kinetics and performance. *J Appl Physiol* 2000;89:2220-6.
19. Febbraio MA, Keenan J, Angus DJ, Campbell SE, Garnham AP. Preexercise carbohydrate ingestion, glucose kinetics, and muscle glycogen use: effect of the glycemic index. *J Appl Physiol* 2000;89:1845-51.
20. Hargreaves M, Costill DL, Fink WJ, King DS, Fielding RA. Effects of pre-exercise carbohydrate feedings on endurance cycling performance. *Med Sci Sports Exerc* 1987;19:33-6.
21. Foster C, Costill DL, Fink WJ. Effects of preexercise feedings on endurance performance. *Med Sci Sports Exerc* 1979;11:1-5.
22. Levine L, Evans WJ, Cadarette BS, Fisher EC, Bullen BA. Fructose and glucose ingestion and muscle glycogen use during submaximal exercise. *J Appl Physiol* 1983;55:1767-71.
23. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr* 1978;40:497.
24. Lucia A, Hoyos J, Margarita P, Chocharro JL. Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1777-82.
25. Lohman TG. Skinfolds and body density and their relation to body fatness. *Hum Biol* 1981;53:181-225.
26. American College of Sports Medicine. Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição. 6ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2003.
27. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Nutrição para o desporto e o exercício. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2001.
28. Burke LM, Hawley JA, Schabort EJ, St Clair Gibson A, Mujika I, Noakes TD. Carbohydrate loading failed to improve 100-km cycling performance in a placebo-controlled trial. *J Appl Physiol* 2000;88:1284-90.
29. Goodyear LJ, Kahn BB. Exercise, glucose transport, and insulin sensitivity. *Annu Rev Med* 1998;49:235-61.
30. Marmy-Conus N, Fabris S, Proietto J, Hargreaves M. Preexercise glucose ingestion and glucose kinetics during exercise. *J Appl Physiol* 1996;81:853-7.
31. Kirwan JP, Campbell DC, Campbell WW, Scheiber J, Evans WJ. Effect of moderate and high glycemic index meals on metabolism and exercise performance. *Metabolism* 2001;50:849-55.

32. Carter J, Jeukendrup AE, Mundel T, Jones DA. Carbohydrate supplementation improves moderate and high-intensity exercise in the heat. *Pflugers Arch* 2003; 446:211-9.
33. Sparks MJ, Selig SS, Febbraio MA. Preexercise carbohydrate ingestion: effects of the glycemic index on endurance exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:844-9.
34. Wilmore JH, Costill DL. *Fisiologia do esporte e do exercício*. 1ª ed. São Paulo: Manole, 2001.
35. Fielding RA, Costill DL, Fink WJ, King DS, Kovaleski JE, Kirwan JP. Effects of pre-exercise carbohydrate feedings on muscle glycogen use during exercise in well-trained runners. *Eur J Appl Physiol* 1987;56:225-59.
36. Siani A, Strazzulo P, Giorgione N, De Leo A, Mancini M. Insulin-induced increase in heart rate and its prevention by propranolol. *Eur J Clin Pharmacol* 1990;38(4):393-5.
37. Facchini FS, Stoohs RA, Reaven GM. Enhanced sympathetic nervous system activity. The linchpin between insulin resistance, hyperinsulinemia, and heart rate. *Am J Hypertens* 1996;9:1013-7.
38. Watanabe K, Sekiya M, Tsuruoka T, Funada J, Miyagawa M, Kohara K. Relationship between insulin resistance and cardiac sympathetic nervous function in essential hypertension. *J Hypertens* 1999;17(8):1161-8.
39. Berne RM, Levy MN, Koepfen BM, Stanton BA. *Fisiologia*. 5ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
40. Myers J, Ashley E. Dangerous curves. A perspective on exercise, lactate, and the anaerobic threshold. *Chest* 1997;1:787-95.
41. Antonutto G, Di Prampero PE. The concept of lactate threshold: a short review. *J Sports Med Phys Fitness* 1995;35(1):6-12.
42. Billat LV. Use of the lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. Recommendations for long-distance running. *Sports Med* 1996;22:157-75.
43. DeMarco HM, Sucher KP, Cisar CJ, Butterfield GE. Pre-exercise carbohydrate meals: application of glycemic index. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31(1):164-70.