

Efeitos de carboidratos e eletrólitos sobre a termorregulação e a potência anaeróbia medida após um exercício prolongado no calor

CDD. 20.ed. 612.044
613.28

Emerson SILAMI-GARCIA*
Luiz Oswaldo Carneiro RODRIGUES*
Marcelo Henrique Salviano de FARIA**
Ana Paula ARAÚJO-FERREIRA**
Camila NASSIF-LEONEL**
Mônica Cristina de OLIVEIRA***
Emília SAKURAI****
Mayra Alves STRADIOTO**
Gustavo Henrique da Cunha Peixoto CANÇADO**

* Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional e Centro de Excelência Esportiva, Universidade Federal de Minas Gerais.
** Universidade Federal de Minas Gerais.
*** Departamento de Produtos Farmacêuticos, Universidade Federal de Minas Gerais.
**** Departamento de Estatística, Universidade Federal de Minas Gerais.

Resumo

Carboidratos exógenos contribuem para a manutenção da glicose sanguínea e acredita-se que isto possa melhorar o desempenho anaeróbio após um exercício prolongado. Foram objetivos deste estudo comparar a potência máxima e o trabalho total de atletas, no teste anaeróbio de Wingate realizado após 90 min de exercício prolongado (EP), com e sem a ingestão de mistura eletrolítica carboidratada (MEC), bem como as respostas termorregulatórias ocorridas durante o EP. Sete homens ($21,4 \pm 4,2$ anos; $65,46 \pm 10,45$ kg; $9,4 \pm 1,8\%$ de gordura e $60,38 \pm 4,76$ mL O_2 ·kg $^{-1}$ ·min $^{-1}$) ingeriram água destilada e cápsulas gelatinosas contendo MEC ou placebo (PLA) a cada 15 min, enquanto realizavam o EP a 60% da carga máxima em uma câmara ambiental (25,9 IBUTG), em duplo-velado. Temperatura retal, frequência cardíaca, lactato e glicose sanguínea foram medidas. Como era esperado, a glicose sanguínea foi mais alta ($p < 0,05$) quando a ingestão da MEC (116 ± 12 mg·dL $^{-1}$) foi comparada à ingestão de PLA (81 ± 7 mg/dL). Não houve diferença entre as situações MEC e PLA na termorregulação, na potência relativa ($12,63 \pm 1,27$ W·Kg $^{-1}$ e $12,64 \pm 1,30$ W·Kg $^{-1}$, respectivamente) ou no trabalho total ($18,57 \pm 2,86$ KJ e $20,36 \pm 6,01$ KJ, respectivamente). Conclusões: A ingestão da MEC não alterou nenhuma das demais variáveis estudadas.

UNITERMOS: Carboidratos; Desempenho anaeróbio; Ambiente quente.

Introdução

A desidratação proveniente de atividades físicas prolongadas é um dos principais fatores limitadores do desempenho humano (GUIMARÃES & SILAMI-GARCIA, 1993; SAWKA, 1992). Diferentes estudos têm relatado a importância do estado de hidratação sobre a tolerância ao exercício prolongado, sugerindo que quando os indivíduos estão hidratados eles respondem melhor à elevação da temperatura corporal, do que quando estão desidratados (BARR, COSTILL & FINK, 1991; DEUSTER, SINGH, HOFMANN & MOSES, 1992; MAUGHAN & SHIRREFFS, 1997; SAWKA &

GREENLEAF, 1992; SAWKA, YOUNG, LATZA, NEUFER, QUIGLEY & PANDOLF, 1992).

Nas últimas décadas, parte do esforço dos pesquisadores da área de termorregulação passou a ser dedicada a estudos sobre as possíveis vantagens de se adicionar carboidrato e minerais à água ingerida durante atividades físicas realizadas em ambientes quentes, sugerindo-se que tanto os carboidratos quanto os eletrólitos trariam benefícios adicionais para a capacidade de desempenho, os primeiros aumentando a disponibilidade energética e os últimos auxiliando

no balanço hidro-eletrolítico e na regulação da temperatura. A maioria das pesquisas sobre o efeito da ingestão de bebidas eletrolíticas e carboidratadas (BEC) durante exercícios de intensidade baixa ou moderada tem demonstrado haver uma melhora na termorregulação, bem como no desempenho em esforços de longa duração (CARTER, JEUKENDRUP, MUNDEL & JONES, 2003; COGGAN & COYLE, 1989; COYLE, COGGAN, HEMMERT & IVY, 1986; COYLE, HAGBERG, HURLEY, MARTIN, EHSANI & HOLLOSZY, 1983; MAUGHAN, BETHELL & LEIPER, 1996; WILBER & MOFFATT, 1991; WRIGHT, SHERMAN & DERNBACH, 1991; YAPULKIS & IVY, 1991). Porém, existem controvérsias mesmo quando se trata de exercícios prolongados, pois em vários outros estudos não foi observado aumento no tempo decorrido até a fadiga quando os indivíduos consumiram bebidas carboidratadas em comparação à ingestão de placebo (BRODOWICZ, LAMB, BAUR & CONNORS, 1984; NASSIS, WILLIAMS & CHISNALL, 1998; ROBINSON, GRAHAM, MONCADA, JENSEN, JONES & HEADLEY, 2002; WILBER & MOFFATT, 1991).

YAPULKIS e IVY (1991) não observaram diferenças nas variáveis temperatura retal e frequência cardíaca, mas relataram um aumento significativo na oxidação de carboidratos quando comparou a ingestão de soluções de 8,5% e 2% de glicose ou água. A redução no glicogênio muscular foi significativamente menor com a ingestão de 8,5% de glicose.

GOLLNICK, PIEHL e SALTIN (1974) e VOLLESTAD e BLOM (1988) demonstraram, em estudo sobre a concentração de glicogênio nos músculos, que ocorre o recrutamento preferencial de fibras de contração lenta durante exercícios prolongados.

Em um estudo realizado por MARINS (1995), que não utilizou o modelo duplo-velado, a frequência cardíaca e a percepção subjetiva do esforço foram significativamente menores na situação BEC quando comparadas com a ingestão de água durante duas horas de exercício a 70% do VO_{2max} em um ambiente termoneutro (17-22 °C e 65-72% URA). A glicose sanguínea foi significativamente maior na

situação BEC do que na situação com água. SUGIURA e KOBAYASHI (1998) estudaram oito indivíduos durante 90 minutos de exercício contínuo ($76 \pm 2\%$ do VO_{2max}) seguido pelo teste anaeróbio de Wingate de 30 segundos. Os indivíduos ingeriam 250 ml de uma solução de glicose, frutose ou placebo. Os resultados deste estudo mostraram que com a ingestão tanto de glicose como de frutose foram mantidos estáveis a concentração de glicose plasmática e a oxidação de carboidratos, mas foi reduzida a percepção subjetiva de esforço, resultando em um melhor desempenho no teste de Wingate em comparação com a situação placebo.

Nos estudos citados anteriormente, os carboidratos e o placebo (geralmente adoçantes artificiais) eram fornecidos em soluções aquosas e os pesquisadores, aparentemente, usavam apenas a palavra dos voluntários como única garantia de que os tratamentos eram administrados em duplo-velado. Esta metodologia foi contestada por CLARK, HOPKINS, HAWLEY e BURKE (2000), que demonstraram haver a possibilidade de que alguns voluntários pudessem identificar o tratamento pelo sabor da solução.

Portanto, a administração dos tratamentos em cápsulas, no presente estudo, teve como objetivo eliminar totalmente a possibilidade de que algum indivíduo distinguisse o que estava ingerindo, o que pode ser considerado uma inovação na pesquisa, pois somente dois estudos sobre efeitos ergogênicos de carboidratos e eletrólitos (GOMES, 1999; TIMMONS, NEWHOUSE, THAYER, MCAULIFFE & MCILLWAIN, 2000) se utilizaram desta técnica.

O objetivo do presente estudo foi comparar a potência máxima e o trabalho total gerados por atletas, durante teste anaeróbio de Wingate, realizado após 90 min de exercício prolongado, com e sem a ingestão de mistura eletrolítica carboidratada, em um ambiente quente e úmido. Além disso, foi verificado se a ingestão de carboidratos e minerais influenciaria respostas termorregulatórias e a percepção subjetiva do esforço durante o exercício prolongado.

Materiais e métodos

Este estudo foi iniciado após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (parecer Etic: 023/00). Os voluntários receberam esclarecimentos

detalhados sobre os procedimentos que seriam utilizados na coleta de dados e, em seguida, assinaram um formulário de consentimento informado.

Amostra

A amostra foi composta por sete indivíduos do gênero masculino, atletas de ciclismo, “triathlon” ou “mountain bike”, com idade de $21,4 \pm 4,2$ anos, massa corporal de $65,46 \pm 10,45$ kg, percentual de gordura de $9,4 \pm 1,8$ % e potência aeróbia de $60,38 \pm 4,76$ mL·kg⁻¹·min⁻¹.

Procedimentos experimentais

Inicialmente os indivíduos compareceram ao laboratório para realizar os testes preliminares de caracterização da amostra. A massa corporal foi determinada com a utilização de uma balança digital Filizzola® com precisão de 20 gramas. O percentual de gordura foi estimado utilizando o método de dobras cutâneas e a equação de MCARDLE, KATCH e KATCH (1998). A potência aeróbia foi estimada utilizando o protocolo de exercício máximo progressivo (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 1995) em cicloergômetro Monark® de frenagem mecânica.

Foi solicitado dos indivíduos incluídos no estudo que se abstivessem de treinamentos nos dias anteriores às situações experimentais e que mantivessem seus hábitos alimentares, inclusive os mesmos horários de refeições, durante o período de coleta de dados. Cada voluntário participou dos experimentos sempre no mesmo horário do dia, com um intervalo mínimo de três dias entre os experimentos.

Situações experimentais

Os indivíduos foram submetidos a duas situações experimentais, sendo uma com a ingestão de água destilada e cápsulas gelatinosas contendo uma mistura de eletrólitos e carboidratos (MEC) e outra com a ingestão de água destilada e cápsulas gelatinosas contendo placebo (PLA), em duplo velado. Em cada situação experimental os indivíduos pedalarão em um cicloergômetro (Monark®) durante 90 min, em um ambiente quente e úmido, a uma velocidade constante de 50 rotações por minuto, a 60% da potência máxima atingida no teste máximo progressivo. Após o exercício prolongado (EP), os indivíduos realizaram um Teste Anaeróbio de Wingate (TAW).

Duas horas antes de cada situação experimental, os indivíduos ingeriram 500 mL de água para garantir que iniciassem os experimentos eudratados (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 1996). Primeiramente, os indivíduos permaneceram em repouso por cinco minutos na câmara ambiental e, posteriormente, iniciaram o exercício.

Em cada situação experimental, os indivíduos ingeriram água destilada e cápsulas gelatinosas contendo PLA ou cápsulas gelatinosas contendo MEC a cada 15 min de exercício. O volume de água destilada foi calculado usando-se a equação proposta por AMORIM, RODRIGUES, PRADO, VIMIEIRO-GOMES, MOREIRA, FARIA e SILAMI-GARCIA (2002) [volume de água (L) = $51,95 \times \text{IBUTG} + 2,44 \times \text{kcal/h} - 1177,9$].

Cápsulas gelatinosas

As cápsulas gelatinosas (Scherer®, tamanho zero) de MEC continham os carboidratos glicose, frutose e maltodextrina, além dos minerais sódio, potássio, cloreto, cálcio, fósforo, magnésio e cromo com as seguintes proporções da ingestão diária recomendada para adultos em 100 g de produto: 12,5%, 15%, 38%, 73%, 37%, 10% e 30%, respectivamente. A MEC utilizada foi Sport® Drink (Nutrisport®). As cápsulas gelatinosas de PLA continham pó de gelatina (Natural Pharma®).

Os carboidratos (5,6 g/dL), eletrólitos (323 mg/dL) e o placebo foram fornecidos e ingeridos em cápsulas gelatinosas, cujo conteúdo era desconhecido pelos voluntários e pelos pesquisadores. Esta forma de ingestão impedia que os indivíduos sentissem o sabor da bebida, assegurando a condição de duplo-velado. A quantidade de cápsulas gelatinosas ingerida pelos voluntários foi calculada individualmente de forma que a solução formada a partir da ingestão do pó de MEC juntamente com a água destilada fosse equivalente a uma concentração de carboidratos a 6%.

Variáveis principais

Variáveis medidas no TAW

As variáveis de desempenho medidas no TAW foram calculadas com a utilização do “software” MCE® em um computador acoplado ao cicloergômetro. O pico de potência (PP) é a potência máxima atingida durante o TAW enquanto o trabalho, expresso em KJ, realizado durante os 30 segundos do TAW é considerado trabalho total (TT).

Frequência cardíaca e percepção subjetiva do esforço

A frequência cardíaca (FC) e a percepção subjetiva do esforço (PSE) foram medidas a cada 5 min durante o EP utilizando um monitor de frequência

cardíaca Polar®- Vantage XLTM e a escala de BORG (1982), respectivamente.

Temperatura retal

A temperatura retal (T_{re}) foi medida a cada 5 min durante o EP utilizando-se uma sonda retal (Yellow Springs Incorporated® 4400 series-Tipo4491-E), de forma que sua extremidade ficasse situada 10 cm além do esfíncter anal.

Taxa de sudorese

A taxa de sudorese (TS) foi calculada como sendo a diferença entre massa corporal (MC) antes e após o EP, corrigida pelo volume de água, pela massa de gelatina, carboidratos e eletrólitos ingeridos durante o exercício e pela urina excretada ao final do exercício. A variação percentual da massa corpora foi calculada utilizando a seguinte equação $[(MC_{inicial} - MC_{final}) / MC_{inicial}] \cdot 100$ (NATIONAL ATHLETIC TRAINERS' ASSOCIATION, 2000).

Variáveis de controle

Concentração de lactato sangüíneo

A concentração de lactato sangüíneo (LAC) foi medida nos tempos zero, 45 e 90 min de EP utilizando-se o aparelho portátil Accusport (Boehringer-Mannheim®). Vinte μ L de sangue, retirados da polpa do dedo médio dos indivíduos, foram colocados na zona reativa da tira de teste e a LAC foi determinada

por fotometria de reflexão. Por meio da medição da LAC propôs-se verificar se o exercício foi de intensidade submáxima, conforme proposto no estudo, já que não houve medição direta do consumo de oxigênio durante os experimentos.

Concentração de glicose sangüínea

A concentração de glicose sangüínea (GLI) foi medida nos tempos zero, 45 e 90 min de EP utilizando-se um aparelho portátil Advantage®. Uma gota de sangue, retirada da polpa do dedo médio dos indivíduos, foi colocada na zona reativa da tira de teste e a GLI foi determinada por bioamperometria. Após a realização dos 90 min de EP, outra coleta de sangue foi feita e, em seguida, o indivíduo realizava o TAW.

Condições ambientais

Os experimentos foram realizados em uma câmara ambiental (Russels® modelo WMD-1150-5), em um ambiente quente e úmido (28 °C e 79% URA), que corresponde a 25,9 IBUTG (Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo).

Gravidade específica da urina

A gravidade específica da urina foi medida para verificar o estado de hidratação dos indivíduos no início e ao final do EP. Antes e após o EP, os indivíduos urinaram em um bquer e as amostras destas urinas foram analisadas utilizando-se o refratômetro Uridens®.

Análise estatística

O teste Kolmogorov-Smirnov foi aplicado para verificar a normalidade das variáveis estudadas. Utilizou-se o teste de Wilcoxon para comparação das variáveis PP, TT, TS, variação percentual de massa corporal e gravidade específica da urina entre os tratamentos, já que estas não apresentaram distribuição normal, e da PSE por ser uma variável categórica. As

variáveis coletadas ao longo dos 90 min de EP foram analisadas utilizando-se a análise de variância com medidas repetidas no tempo e tratamento. As diferenças observadas no "post hoc" foram identificadas pelo teste de Tukey. Os resultados estão apresentados como média e desvio-padrão, sendo o nível de significância aceito de $p < 0,05$.

Resultados

As variáveis de desempenho, PP e TT, que foram medidas no TAW, não apresentaram

diferença significativa, como pode ser observado na TABELA 1.

TABELA 1 - Pico de potência e trabalho total dos indivíduos no Teste Anaeróbio de Wingate realizado após exercício prolongado com ingestão de PLA e MEC.

	PLA	MEC
PP ($W \cdot kg^{-1}$)	12,64 \pm 1,30	12,63 \pm 1,27
TT(KJ)	18,57 \pm 2,86	20,36 \pm 6,01

PP= Pico de potência; TT= Trabalho total, PLA= placebo e MEC= mistura de eletrólitos e carboidratos. Valores são média e desvio padrão.

A FC aumentou ao longo do exercício em ambas situações experimentais, não havendo diferença significativa na FC média entre as situações PLA (164 \pm 10 bpm) e MEC (164 \pm 13 bpm). A FC analisada ao longo do tempo também não foi diferente significativamente entre os tratamentos (FIGURA 1).

Não houve diferença significativa na PSE entre as situações PLA (mediana=13) e MEC (mediana=14).

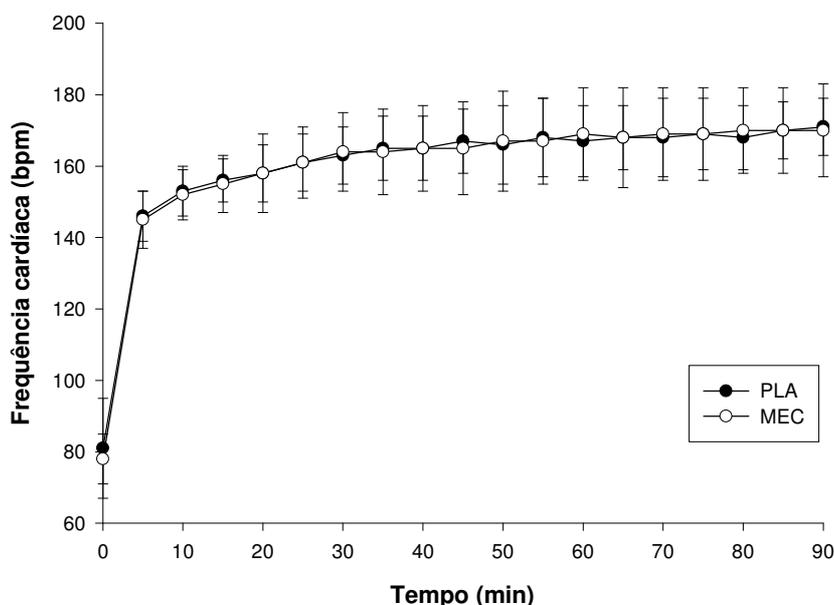
Não houve diferença significativa na T_{re} final entre as situações experimentais PLA (38,38 \pm 0,46 $^{\circ}C$) e MEC (38,36 \pm 0,50 $^{\circ}C$). A T_{re} ao longo do tempo também não foi diferente entre as situações experimentais (FIGURA 2).

Não foi encontrada diferença significativa na TS entre os tratamentos PLA (13,34 \pm 2,76 $g \cdot m^{-2} \cdot min^{-1}$) e MEC

(13,54 \pm 3,14 $g \cdot m^{-2} \cdot min^{-1}$). O volume de água ingerida pelos indivíduos em ambas as situações experimentais (1,6 \pm 0,2 L) foi diferente significativamente do volume de sudorese total (PLA=2,2 \pm 0,5 L, MEC=2,2 \pm 0,6L), o que resultou em uma variação percentual de massa corporal de 0,8 \pm 0,7% e 0,7 \pm 0,6% na situação PLA e MEC, respectivamente. Não houve diferença significativa na variação percentual de massa corporal entre as duas situações experimentais.

Não foi observada diferença significativa na concentração de LAC pré-exercício (2,3 \pm 0,7 mmol/L e 2,3 \pm 0,6 mmol/L), aos 45 min (2,8 \pm 0,5 mmol/L e 2,7 \pm 0,5 mmol/L) e aos 90 min (2,9 \pm 0,5 mmol/L e 2,9 \pm 0,6 mmol/L) de exercício entre os tratamentos PLA e MEC, respectivamente. (FIGURA 3).

A concentração de GLI foi semelhante quando ocorreu a ingestão de MEC (103 \pm 9 mg/dL) ou de PLA (105 \pm 12 mg/dL) no tempo igual a zero. Na situação experimental em que a MEC foi ingerida, a concentração de GLI apresentou um aumento significativo nos tempos iguais a 45 min (97 \pm 10 mg/dL e 86 \pm 7 mg/dL), 90 min (101 \pm 13 mg/dL e 81 \pm 7 mg/dL) e após o TAW (116 \pm 12 mg/dL e 88 \pm 6 mg/dL) (FIGURA 4).



PLA= placebo;
MEC= mistura de eletrólitos e carboidratos;
Valores são média e desvio padrão.

FIGURA 1 - Influência da ingestão da MEC e PLA sobre a frequência cardíaca dos indivíduos submetidos a um exercício prolongado seguido do Teste Anaeróbio de Wingate.

FIGURAS 2 e 3
PLA= placebo;
MEC= mistura de
eletrólitos e carboidratos.
Valores são média e
desvio padrão.

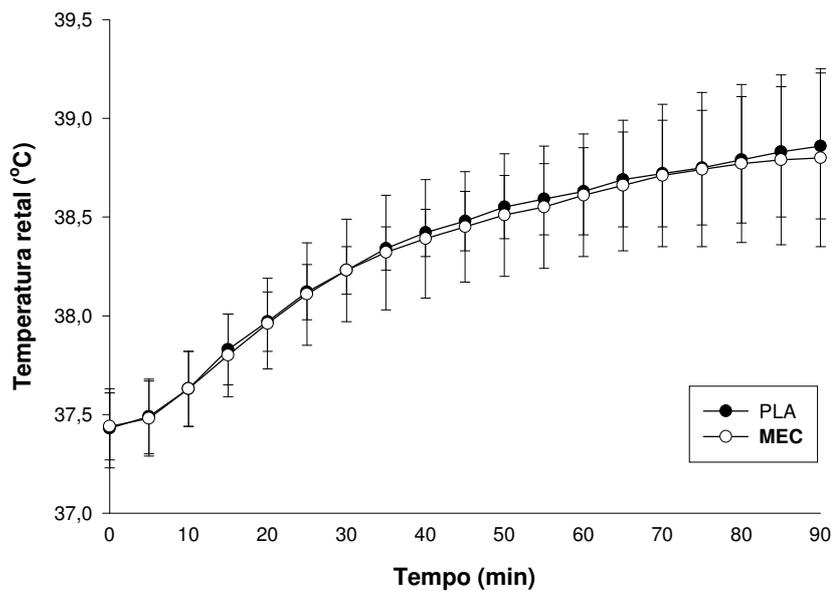


FIGURA 2 - Influência da ingestão da MEC e PLA sobre a temperatura retal dos indivíduos submetidos a um exercício prolongado seguido do Teste Anaeróbio de Wingate.

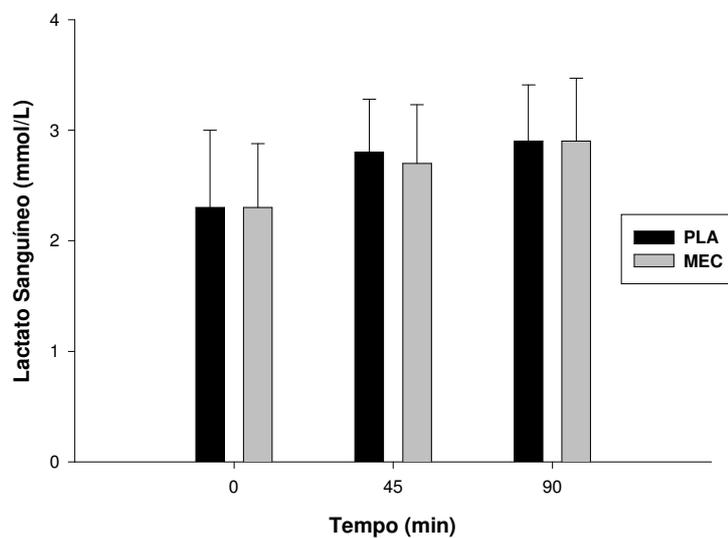
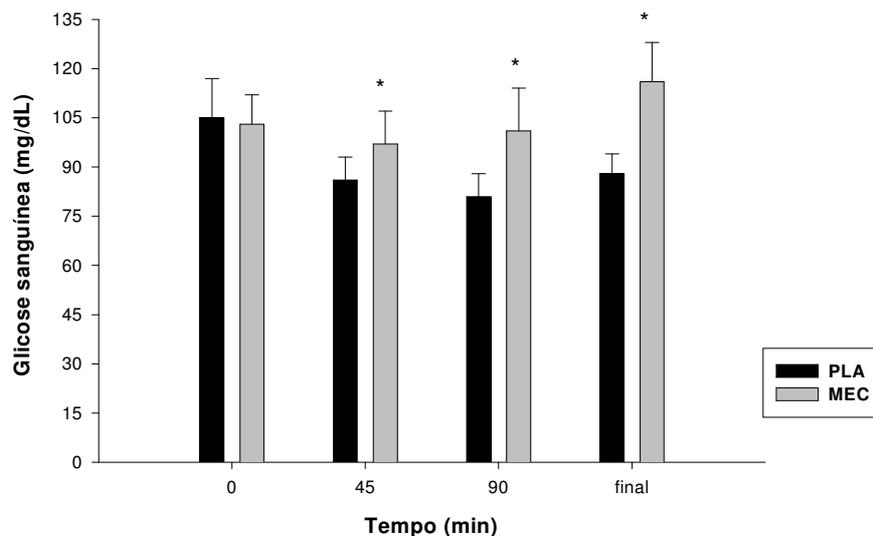


FIGURA 3 - Comportamento da concentração do lactato sanguíneo dos indivíduos submetidos a um exercício prolongado seguido do Teste Anaeróbio de Wingate.



PLA= placebo;
MEC= mistura de
eletrólitos e carboidratos.
Valores são média e
desvio padrão.

FIGURA 4 - Comportamento da concentração da glicose sanguínea dos indivíduos durante exercício prolongado seguido do Teste Anaeróbio de Wingate.

Discussão

Piso de potência (PP) e trabalho total (TT) durante o TAW

O principal objetivo do presente estudo foi verificar se a ingestão de carboidratos e minerais durante um exercício prolongado, usando um protocolo duplo-velado, poderia produzir melhora no desempenho anaeróbio em um teste realizado imediatamente após o exercício prolongado, em comparação com um teste semelhante realizado sem a ingestão das mesmas substâncias.

Não foram observadas diferenças significativas entre o PP e o TT quando os indivíduos ingeriram MEC ou PLA, apesar da GLI ter sido mais elevada na situação em que houve ingestão de MEC. Outros autores que utilizaram este protocolo, com a realização de um teste máximo de potência após uma a duas horas de exercício submáximo, confirmam os achados do presente estudo, não tendo encontrado diferenças significativas no desempenho nas diferentes condições, mesmo tendo observado diferenças na GLI (CLARK et al., 2000; TIMMONS et al., 2000). Estudos realizados em ambiente termoneutro (BACHARACH, DUVILLARD, RUNDSELL, MENG, CRING, SZMEDRA & CASTLE, 1994; ROBINSON et al., 2002; SUGIURA & KOBAYASHI, 1998) apresentaram resultados que contradizem o presente estudo, que foi realizado em ambiente quente.

É importante ressaltar que, no presente estudo, após o exercício prolongado, a única diferença observada entre os dois tratamentos, antes da realização do TAW, foi a concentração de glicose, que era mais elevada no MEC do que no PLA. A intensidade do exercício prolongado usado no presente estudo pressupõe a utilização preferencial de fibras de contração lenta (GOLLNICK, PIEHL & SALTIN, 1974; VOLLESTAD & BLUM, 1988). Uma possível explicação para os resultados semelhantes no TAW nas situações MEC e PLA é o fato de que o glicogênio muscular das fibras de contração rápida, que são pouco recrutadas durante o exercício prolongado, tenha sido um dos fatores determinantes do resultado, sendo que as reservas de glicogênio destas fibras podem ter sido semelhantes nas duas situações experimentais.

Segundo ZAJAC, JARZABEK e WASKIEWICZ (1999) fatores psicológicos, tais como motivação e concentração, influenciam o desempenho em testes de intensidade máxima. No presente estudo, o uso de cápsulas gelatinosas contendo as substâncias usadas teve como objetivo garantir totalmente o duplo-velado, impedindo assim, que o indivíduo pudesse saber ou sentir o sabor da MEC evitando uma possível influência psicológica (CLARK et al., 2000).

Algumas observações relevantes sobre alguns dos estudos anteriores são necessárias. Uma das limitações do estudo de TIMMONS et al. (2000) foi a administração de somente quatro gramas de

carboidratos durante 90 min de exercício e estes autores não mediram a glicose sangüínea durante os experimentos. Já nos estudos de SUGIURA e KOBAYASHI (1998) e BACHARACH et al. (1994), que apresentaram diferenças significativas no desempenho, as quantidades de carboidratos ingeridas eram diferentes das utilizadas no presente estudo e, além disso, o ambiente em que foi realizado o exercício era termoneutro. Uma observação importante em relação aos últimos dois estudos citados é que foram usadas soluções de carboidratos, o que, de acordo com CLARK et al. (2000), pode não ter garantido um controle do efeito placebo.

Frequência cardíaca

A FC aumentou continuamente ao longo do tempo, em ambas as situações experimentais, já que o ambiente dificultava a dissipação do calor metabólico. Como a potência desenvolvida durante os 90 min de EP foi mantida constante, pode-se atribuir o aumento na frequência cardíaca ao aumento no débito cardíaco visando à manutenção da temperatura interna e ao efeito do aquecimento corporal sobre a taxa metabólica (GOMES, 1999; SAWKA, 1992; SOARES, 1993).

A ingestão de MEC não produziu efeito sobre a FC durante o EP realizado no ambiente quente e úmido, quando comparado com a situação PLA. Os resultados deste estudo confirmam o que foi relatado por SAWKA (1992) e NASSIS, WILLIAMS e CHISNALL (1998), que realizaram estudos com uma potência maior e em ambiente termoneutro, mas contradizem o que foi relatado por MARINS (1995), cujo estudo não houve controle das condições ambientais ou do volume de líquido ingerido.

Percepção subjetiva do esforço

A PSE foi semelhante durante ambas as situações experimentais, ficando evidente que a ingestão de MEC não alterou a percepção do esforço pelo indivíduo.

Outros autores (BACHARACH et al., 1994; GOMES, 1999) já haviam relatado resultados semelhantes aos do presente estudo. No estudo de MARINS (1995), todavia, a PSE foi significativamente menor com ingestão de uma bebida eletrolítica carboidratada do que com ingestão de água. Este comportamento da PSE, no estudo de MARINS (1995), pode ter sido influenciado pelo efeito placebo, já que os participantes sabiam quando estavam ingerindo a

bebida eletrolítica carboidratada ou água. No presente estudo, a administração de cápsulas gelatinosas nas situações experimentais teve como objetivo eliminar qualquer possibilidade de efeito placebo já que os indivíduos não distinguiram o que estavam ingerindo.

Temperatura retal

A temperatura interna aumenta sempre que os mecanismos de regulação térmica não são suficientes para dissipar o calor metabólico. No presente estudo, o uso de temperatura e umidade elevadas (28 °C e 79% URA) teve como objetivo aumentar as exigências termorregulatórias.

A T_{re} elevou-se desde o início do exercício, mas não apresentou diferenças significativas entre ambas situações experimentais. A ingestão de MEC não minimizou o estresse térmico e o estresse causado pelo exercício. Os resultados do presente estudo estão de acordo com os resultados encontrados por BACHARACH et al. (1994), durante exercício de 120 min a 65% do $VO_{2máx}$ realizado em ambiente termoneutro e contradiz os resultados do estudo de MAUGHAN, BETHELL e LEIPER (1996), que foi realizado em ambiente termoneutro com exercício a 70% do $VO_{2máx}$ até a exaustão.

Taxa de sudorese

O volume de água destilada e cápsulas ingeridas foram $1,07 \pm 0,14$ L/h e 36 ± 5 cápsulas, respectivamente, em ambas situações experimentais. Os indivíduos ingeriram 106 ± 13 g de MEC e 101 ± 10 g de PLA durante os 90 min de EP. A TS foi semelhante nos tratamentos PLA ($1,45 \pm 0,34$ L/h) e MEC ($1,47 \pm 0,39$ L/h). Estes resultados estão de acordo com aqueles relatados por NASSIS, WILLIAMS e CHISNALL (1998), SEIDMAN, ASHKENAZI, ARNON, SHAPIRO e EPSTEIN (1991) e MITCHELL, COSTILL, HOUMARD, FLYNN, FINK e BELTZ (1988). A ingestão de carboidratos e minerais não influenciou na TS no presente estudo.

A variação de massa corporal em ambas situações experimentais foi semelhante e inferior a 1% da massa corporal, corroborando o que fora relatado por MITCHELL et al. (1988) e MUDAMBO, LEESE e RENNEM (1997), que compararam a variação da massa corporal com a ingestão de bebidas contendo diferentes concentrações de carboidratos.

Concentrações de glicose e de lactato sanguíneo

A concentração de GLI foi significativamente maior na situação MEC do que na situação PLA. BACHARACH et al. (1994) e MARINS (1995), usando protocolo semelhante ao do presente estudo, também observaram que a concentração de glicose no sangue durante o exercício com duração de 120 minutos a 65% do $VO_{2\text{máx}}$ foi maior quando havia a ingestão de carboidratos.

Não houve diferença entre as concentrações de lactato observadas nas duas situações, tendo estas concentrações permanecido em níveis compatíveis com a intensidade submáxima do exercício. Os resultados

do presente estudo são semelhantes aos encontrados por BACHARACH et al. (1994), SUGIURA e KOBAYASHI (1998) e NASSIS, WILLIAMS e CHISNALL (1998).

Gravidade específica da urina

Os valores da gravidade específica da urina inicial e final na situação MEC foram de $1,012 \pm 0,012$ e $1,011 \pm 0,009$, respectivamente. Na situação PLA os valores iniciais e finais foram de $1,009 \pm 0,012$ e $1,013 \pm 0,010$, respectivamente. Estes resultados indicam que os indivíduos iniciaram e mantiveram-se hidratados durante o exercício nas duas situações, de acordo com ARMSTRONG (2000) e NATIONAL ATHLETIC TRAINERS' ASSOCIATION (2000).

Conclusão

A ingestão da mistura de eletrólitos e carboidratos não alterou os parâmetros termorregulatórios e nem o desempenho

anaeróbico (TAW) avaliado após 90 min de exercício submáximo realizado em ambiente quente e úmido.

Abstract

Effects of carbohydrates and electrolytes on thermoregulatory responses and anaerobic performance following a prolonged exercise in the heat

Most of the energy needed for muscle contraction during the Wingate anaerobic test is derived from adenosine triphosphate, creatine phosphate and glucose breakdown. Exogenous carbohydrates contribute to the maintenance of blood glucose and that could lead to the improvement of anaerobic performance following a prolonged sub-maximal exercise (PE). The purpose of the present study was to compare the anaerobic power output of men in the Wingate test performed immediately after 90 min of cycling at 60% of the maximal workload, with and without the ingestion of carbohydrates and electrolytes (CHO), as well as the physiological responses during the PE. Seven men (21.4 ± 4.2 yrs; 65.46 ± 10.45 kg; $9.4 \pm 1.8\%$ fat and 60.38 ± 4.76 mL O_2 .kg $^{-1}$.min $^{-1}$) volunteered for the study. They received adequate amounts of distilled water and capsules containing either glucose and electrolytes (CHO) or placebo (PLA) at every 15 min, while exercising on an environmental chamber at 28 °C temperature and 79% air relative humidity, in a double-blind protocol. Rectal temperatures and heart rates were monitored continuously. Blood glucose and lactate were also measured. Sweat rates were estimated from pre to post-exercise body weight differences, taking into account water intake and urine excretion. As expected, blood glucose was significantly higher ($p \leq 0.05$) in CHO (116 ± 12 mg/dL) than in PLA (81 ± 7 mg/dL). Relative power output in CHO (12.63 ± 1.27 W·Kg $^{-1}$) and in PLA (12.64 ± 1.30 W·Kg $^{-1}$) as well as the total work output in CHO (18.57 ± 2.86 KJ) and in PLA (20.36 ± 6.01 KJ) were not different. Thermal regulation was also unaffected. The ingestion of CHO did not affect any of the variables under investigation.

UNITERMS: Carbohydrates; Anaerobic performance; Hot environment.

Referências

- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **ACSM's guidelines for exercise testing and prescription**. 5th ed. [S.l.]; ACSM, 1995.
- _____. Position stand: exercise and fluid replacement. **Medicine and Science Sports and Exercise**, Madison, v.28, p.i-vii, 1996.
- AMORIM, F.T.; RODRIGUES, L.O.C.; PRADO, L.S.; VIMIEIRO-GOMES, A.C.; MOREIRA, C.A.M.; FARIA, M.H.S.; SILAMI-GARCIA, E. Estudo da precisão de uma equação estimativa da sudorese durante estudos em campo e laboratório. **Revista Mineira de Educação Física**, Viçosa, v.10, p.325, 2002. Fórum Brasileiro de Educação Física e Ciências do Esporte; Simpósio Mineiro de Ciência do Esporte, 2002 apresentado em Viçosa.
- ARMSTRONG, L.E. **Performing in extreme environments**. Champaign: Human Kinetics, 2000.
- BACHARACH, D.W.; DUVILLARD, S.P.V.; RUNDELL, R.W.; MENG, J.; CRING, M.R.; SZMEDRA, L.; CASTLE, J.M. Carbohydrate drinks and cycling performance. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Turin, v.24, p.161-8, 1994.
- BARR, S.I.; COSTILL, D.L.; FINK, W.J. Fluid replacement during prolonged exercise: effects of water, saline or no fluid. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.23, p.811-7, 1991.
- BORG, G.A.V. Psychological basis of physical exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.14, p.377-81, 1982.
- BRODOWICZ, G.R.; LAMB, D.R.; BAUR, T.S.; CONNORS, D.F. Efficacy of various drink formulations for fluid replenishment during cycling exercise in the heat. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.19, p.37, 1984. Abstract.
- CARTER, J.; JEUKENDRUP, A.E.; MUNDEL, T.; JONES, D.A. Carbohydrate supplementation improves moderate and high-intensity exercise in the heat. **European Journal of Physiology**, Berlin, v.446, p.211-9, 2003.
- CLARK, V.R.; HOPKINS, W.G.; HAWLEY, J.A.; BURKE, L.M. Placebo effect of carbohydrate feedings during a 40-km cycling time trial. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.32, p.1642-7, 2000.
- COGGAN, A.R.; COYLE, E.F. Metabolism and performance following carbohydrate ingestion late in exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.19, p.21-59, 1989.
- COYLE, E.F.; COGGAN, A.R.; HEMMERT, M.K.; IVY, J.L. Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.61, n.1, p.165-72, 1986.
- COYLE, E.F.; HAGBERG, J.M.; HURLEY, B.F.; MARTIN, W.H.; EHSANI, A.A.; HOLLOSZY, J.O. Carbohydrate feeding during prolonged strenuous exercise can delay fatigue. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.55, n.1, p.230-5, 1983.
- DEUSTER, P.A.; SINGH, A.; HOFMANN, A.; MOSES, F.M. Hormonal responses to ingesting water or a carbohydrate beverage during a 2h run. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.24, p.72-5, 1992.
- GOLLNICK, P.D.; PIEHL, K.; SALTIN, B. Selected glycogen depletion pattern in human muscle fibers after exercise of varying intensity and at varying pedalling rates. **Journal of Physiology**, London, v.241, p.45-7, 1974.
- GOMES, T.M. **Estudo dos efeitos da ingestão de água ou solução carboidratada e eletrolítica durante a atividade física prolongada realizada em ambientes termoneutro ou quente e úmido**. 1999. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- GUIMARÃES, M.T.; SILAMI-GARCIA, E. Water replacement and thermoregulatory responses during prolonged exercise. **Brazilian Journal of Medical Biological Research**, Ribeirão Preto, v.26, p.1237-40, 1993.
- McARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.
- MARINS, J.C.B. Influência da ingestão de gatorade por atletas, no comportamento da glicose sanguínea e frequência cardíaca. **Revista da Educação Física/UEM**, Maringá, v.1, n.6, p.54-61, 1995.
- MAUGHAN, R.J.; BETHELL, L.R.; LEIPER, J.B. Effects of ingested fluids on exercise capacity and on cardiovascular and metabolic responses to prolonged exercise in man. **Experimental Physiology**, Cambridge, v.81, p.847-59, 1996.
- MAUGHAN, R.J.; SHIRREFFS, S.M. Recovery from prolonged exercise: restoration of water and electrolyte balance. **Journal of Sports Science**, London, v.15, n.3, p.297-303, 1997.
- MITCHELL, J.B.; COSTILL, D.L.; HOUMARD, J.A.; FLYNN, M.G.; FINK, W.J.; BELTZ, J.D. Effects of carbohydrate ingestion on gastric emptying and exercise performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.20, p.110-5, 1988.

- MUDAMBO, K.S.; LEESE, G.P.; RENNIEM, J. Dehydration in soldiers during walking/running exercise in the heat and the effects of fluid ingestion during and after exercise. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, v.76, n.6, p.517-24, 1997.
- NASSIS, G.P.; WILLIAMS, C.; CHISNALL, P. Effect of a carbohydrate-electrolyte drink on endurance capacity during prolonged intermittent high intensity running. *British Journal of Sports Medicine*, London, v.32, p.248-52, 1998.
- NATIONAL ATHLETIC TRAINERS' ASSOCIATION. Position statement: fluid replacement for athletes. *Journal of Athletic Training*, Dallas, v.35, n.2, p.212-24, 2000.
- ROBINSON, E.M.; GRAHAM, L.B.; MONCADA, J.; JENSEN, B.; JONES, M.; HEADLEY, S.A. Carbohydrate-electrolyte ingestion has no effect on high intensity running performance or blood metabolites. *Journal of Exercise Physiology*, v.5, n.1, p.49-55, 2002.
- SAWKA, M.N. Physiological consequences of hypohydration: exercise performance and thermoregulation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.24, p.657-70, 1992.
- SAWKA, M.N.; GREENLEAF, J.E. Current concepts concerning thirst, dehydration, and fluid replacement: overview. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.24, p.643-4, 1992.
- SAWKA, M.N.; YOUNG, A.J.; LATZA, W.A.; NEUFER, P.D.; QUIGLEY, M.D.; PANDOLF, K.B. Human tolerance to heat strain during exercise: influence of hydration. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v.73, n.1, p.368-75, 1992.
- SEIDMAN, D.S.; ASHKENAZI, I.; ARNON, R.; SHAPIRO, Y.; EPSTEIN, Y. The effects of glucose polymer beverage ingestion during prolonged outdoor exercise in the heat. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.23, p.458-62, 1991.
- SOARES, D.D. Efeitos da elevação da temperatura interna sobre o tempo total de exercício, a percepção subjetiva do esforço e as respostas termorregulatórias durante o exercício submáximo realizado em ambiente termoneuro. 1993. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- SUGIURA, K.; KOBAYASHI, K. Effect of carbohydrate ingestion on sprint performance following continuous and intermittent exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.30, p.1624-30, 1998.
- TIMMONS, B.W.; NEWHOUSE, I.J.; THAYER, R.E.; McAULIFFE, J.E.; McILLWAIN, S. The efficacy of SPORT™ as a dietary supplement on performance and recovery in trained athletes. *Canadian Journal of Applied Physiology*, Champaign, v.25, n.1, p.55-67, 2000.
- VOLLESTAD, N.K.; BLOM, P.C.S. Effect of varying exercise intensity on glycogen depletion in human muscle fibers. *Acta Physiologica Scandinavica*, Stockholm, v.125, p.395-405, 1988.
- WILBER, R.L.; MOFFATT, R.J. Influence of glucose polymer ingestion on plasma glucose concentration and performance in male distance runners. *The Journal of Sports Medicine*, Baltimore, v.12, p.251-7, 1991.
- WRIGHT, D.A.; SHERMAN, W.M.; DERNBACH, A.R. Carbohydrate feedings before, during, or in combination improve cycling performance. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v.71, n.3, p.1082-8, 1991.
- YAPELKIS, B.B.; IVY, J.L. Effect of carbohydrate supplements and water on exercise metabolism in the heat. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v.71, n.2, p.680-7, 1991.
- ZAJAC, A.; JARZABEK, R.; WASKIEWICZ, Z. The diagnostic value of the 10 and 30 seconds Wingate test for competitive athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Champaign, v.13, n.1, p.16-9, 1999.

ENDEREÇO

Emerson Silami Garcia
R. Rio de Janeiro, 2779 apto. 602 - Lourdes
30160-042 - Belo Horizonte - MG - BRASIL
e-mail: emerson@ufmg.br

Recebido para publicação: 27/08/2003
Revisado: 16/04/2004
Aceito: 20/06/2004