

Original

Efeito de diferentes estados de hidratação sobre o desempenho físico e cognitivo-motor de atletas submetidos a exercício em ambiente de baixo estresse ao calor



S.R. Alves e Silva Camerino^{a,e}, E.H. Martin Dantas^{b,c}, R. Carvalho Pereira Lima^{d,e},
T. Casado Lima França^{a,e}, N. Monteiro de Oliveira^{a,e} e E. Seixas Prado^{a,b,e,*}

^a Programa de Pós-graduação em Nutrição, Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió, Brasil

^b Laboratório de Biociências da Motricidade Humana (LABIMH), Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Rio de Janeiro, Brasil

^c Universidade Tiradentes (UNIT), Aracaju, Brasil

^d Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde, Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió, Brasil

^e Laboratório de Pesquisa em Exercício Físico e Metabolismo (LAPEFIM)

INFORMAÇÃO SOBRE O ARTIGO

Historial do artigo:

Recebido a 3 de julho de 2015

Aceite a 18 de fevereiro de 2016

On-line a 6 de setembro de 2016

Palavras-chave:

Desempenho atlético

Desidratação

Cognição

Fadiga

R E S U M O

Objetivo: Verificar o efeito de diferentes estados de hidratação sobre o desempenho físico e cognitivo-motor de atletas submetidos a exercício em ambiente de baixo estresse térmico.

Método: Dezesesseis atletas, divididos em 2 grupos 8 oito atletas (G2%: 34.1 ± 2.3 anos; e G3%: 32.5 ± 2.2 anos), realizaram 2 horas de ciclismo e um teste incremental máximo, acompanhado de coletas sanguíneas e cálculo do índice de estresse térmico: *Wet Bulb Globe Temperature Index*. Antes e após o protocolo, os grupos foram submetidos a uma avaliação do estado de hidratação, através do cálculo da perda percentual de massa corporal ($\Delta\%$ MC), coloração e gravidade específica urinárias; além de avaliações dos desempenhos físico (pelo tempo de exaustão) e cognitivo-motor (pelos testes de memória imediata, dedo-nariz e tempo de reação simples).

Resultados: O *Wet Bulb Globe Temperature Index* máximo registrado foi de ~ 20 °C. Houve diferença significativa entre a perda percentual de massa corporal do G3% (-3.29 ± 0.23%) e G2% (-1.87 ± 0.12%) ($p < 0.001$), e um aumento na gravidade específica após ciclismo em ambos os grupos. Não houve diferença significativa na coloração urinária entre os grupos. Nestas condições, não foram observadas diferenças significativas nos parâmetros sanguíneos, tempo de exaustão e testes cognitivo-motores entre os grupos.

Conclusão: Sugere-se que uma desidratação com redução de até ~ 3% da MC não causa prejuízos no desempenho físico e cognitivo-motor.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Efecto de diferentes estados de hidratación sobre el rendimiento físico y cognitivo-motor de atletas sometidos a ejercicio en ambiente de bajo estrés térmico

R E S U M E N

Objetivo: Verificar el efecto de diferentes estados de hidratación sobre el rendimiento físico y cognitivo-motor de atletas sometidos a ejercicios en ambiente de bajo estrés térmico.

Método: Dieciséis atletas, divididos en dos grupos de ocho atletas (G2%: 34.1 ± 2.3 años y G3%: 32.5 ± 2.2 años), realizaron dos horas de ciclismo y un test incremental máximo, acompañado de extracciones sanguíneas y cálculo del índice de estrés térmico *Wet Bulb Globe Temperature Index*. Antes y después del protocolo, los grupos fueron sometidos a una evaluación del estado de hidratación mediante el cálculo de la pérdida porcentual de masa corporal y coloración y densidad urinarias; además de evaluaciones del rendimiento físico (por el tiempo hasta el agotamiento) y cognitivo-motor (por los test de memoria inmediata, índice-nariz y tiempo de reacción simples).

Palabras clave:

Rendimiento atlético

Deshidratación

Cognición

Fatiga

* Autor para correspondência.

Correio eletrónico: eduseipra@gmail.com (E. Seixas Prado).

Resultados: El Wet Bulb Globe Temperature Index máximo registrado fue de $\sim 20^\circ\text{C}$. Hubo una diferencia significativa entre la pérdida porcentual de masa corporal del G3% ($-3.29 \pm 0.23\%$) y G2% ($-1.87 \pm 0.12\%$) ($p < 0.001$), y un aumento en la densidad urinaria en ambos grupos después del ciclismo. No hubo diferencia significativa en la coloración urinaria entre los grupos. En estas condiciones no fueron observadas diferencias significativas en los parámetros sanguíneos, tiempo hasta el agotamiento y en los test cognitivo-motores entre ambos grupos.

Conclusión: Se sugiere que una deshidratación con reducción de hasta $\sim 3\%$ de masa corporal no afecta negativamente el rendimiento físico y cognitivo-motor.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la CC BY-NC-ND licencia (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Effect of different hydration status on physical and cognitive-motor performance of athletes submitted to exercise under low heat stress environment

A B S T R A C T

Keywords:
Athletic performance
Dehydration
Cognition
Fatigue

Objective: To verify the effect of different hydration status on physical and cognitive-motor performance of athletes submitted to exercise under low heat stress environment.

Method: Sixteen athletes, divided into two groups with eight athletes each (G2%: 34.1 ± 2.3 years; and G3%: 32.5 ± 2.2 years), performed two hours of cycling session and an maximum incremental test, accompanied by blood collections and calculation of the heat stress index Wet Bulb Globe Temperature Index. Before and after the protocol, the groups underwent an assessment of hydration status by percentage of body mass loss, color and specific gravity urinary; as well as assessments of physical performances (by time to exhaustion) and cognitive-motor (by immediate memory tests, finger-to-nose and simple reaction time).

Results: The maximum recorded of the Wet Bulb Globe Temperature Index was $\sim 20^\circ\text{C}$. There was a significant difference between percentage of body mass loss G3% ($-3.29 \pm 0.23\%$) and G2% ($-1.87 \pm 0.12\%$) ($p < 0.001$), and an increased urinary gravity, after cycling in both groups. There was no significant difference in urinary coloration between the groups. Under these conditions, there were no significant differences in the blood parameters, time to exhaustion and cognitive-motor tests between groups.

Conclusion: It is suggested that dehydration with reduction of up to $\sim 3\%$ of the body mass not impairs physical and cognitive-motor performances.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introdução

A manutenção do estado de hidratação é fundamental para o desenvolvimento de um bom desempenho atlético em várias modalidades esportivas¹, especialmente para atletas que realizam atividades intensas e prolongadas no calor². Por outro lado, a desidratação induzida pela prática de exercícios físicos em ambiente quente pode causar prejuízos na função cognitiva e motora³ do atleta (aqui denominada de função cognitiva-motora).

Sabe-se que o desempenho ótimo no esporte depende da função cognitiva-motora (tal como: coordenação motora, tempo de reação simples e memória) para a tomada de decisão e execução de habilidades complexas⁴. E além do desempenho cognitivo-motor ser afetado pelas condições de ambiente quente, hipertermia e/ou desidratação, a capacidade de manutenção do exercício (desempenho físico) também pode ser prejudicada^{5,6}.

O desempenho cognitivo-motor é avaliado quando ocorrem perturbações no funcionamento cerebral (concussão), que podem ser resultantes de vários sinais e/ou sintomas não específicos, tais como em comportamentos físicos anormais⁷. Esses prejuízos no desempenho cognitivo-motor parecem ocorrer quando 1% ou mais da massa corporal (MC) é perdida devido à restrição de líquidos, não aclimatação ao calor, desidratação e/ou esforço físico, com repercussões no desempenho físico³. Parece que a perda de apenas 1% da MC é o suficiente para reduzir o desempenho cognitivo-motor³⁻⁵.

No entanto, ainda existe a necessidade de mais investigações acerca dos efeitos da desidratação sobre o desempenho físico e cognitivo-motor, independentemente do ambiente de realização

do exercício, visto que muitas dessas informações são baseadas em evidências^{8,9}. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de diferentes estados de hidratação sobre o desempenho físico e cognitivo-motor de atletas submetidos a exercício em ambiente de baixo estresse ao calor.

Método

Amostra

Dezesseis ciclistas treinados e voluntários, do sexo masculino, participaram do estudo. Estes foram divididos em 2 grupos de 8 atletas cada: grupo com perda inferior a 2% da MC, denominado grupo G2% (34.1 ± 2.3 anos; 69.6 ± 2.7 kg; 1.73 ± 0.02 m; $11.4 \pm 1.8\%$ de gordura corporal [%G]; e, 58.01 ± 52.17 ml.kg⁻¹.min⁻¹ de consumo máximo de oxigênio [VO_{2máx}]); e, grupo com perda superior a 3% da MC, denominado grupo G3% (32.5 ± 2.2 anos; 66.6 ± 12.1 kg; 1.67 ± 0.02 m; $9.2 \pm 0.5\%$ G; 62.21 ± 0.83 ml.kg⁻¹.min⁻¹ de VO_{2máx}).

Os ciclistas tinham uma média de 3 anos de treinamento (especialmente em ambiente quente e, assim, reconhecidos como aclimatados ao calor). Eles não apresentaram qualquer tipo de doença ou uso de recursos ergogênicos que pudessem interferir nos resultados da pesquisa. De acordo com a resolução 466/12 e a Convenção de Helsínquia¹⁰, todos os sujeitos foram informados sobre os procedimentos do estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética para Pesquisa da Universidade Federal de Alagoas, sob protocolo: 017640/2011-61.

Procedimentos

Uma semana antes do dia do experimento, os atletas visitaram o laboratório para coleta de: MC, altura e dobras cutâneas (para determinar o %G). Em seguida, realizaram um teste incremental máximo (TIM), para determinação do $VO_{2\text{máx}}$ através de um analisador de gases automático (Quark CPET Cosmed®, Roma, Itália). Todos foram orientados a manter o seu cronograma de treinamento habitual e consumir líquidos ($\sim 3 \text{ L}\cdot\text{d}^{-1}$, sem uso de bebidas cafeïnadas) 2 dias antes do experimento.

No dia do experimento, foram fornecidos $\sim 500 \text{ mL}$ de água aos ciclistas, antes de iniciar o protocolo experimental, para maior homogeneidade da hidratação. Em seguida, após breve aquecimento, iniciaram uma sessão de 2 horas de ciclismo a 80 rpm, com intensidade entre 75-85% da frequência cardíaca máxima estimada, acompanhado por frequencímetro (FT1 Polar®, Kempele, Finlândia). Imediatamente após as 2 horas de ciclismo, os atletas foram submetidos a um novo TIM (TIMn [sem análise gasosa]) para induzir à exaustão (MAX) e avaliar os desempenhos físico e cognitivo-motor.

Análise sanguínea

Sangue foi obtido em repouso (0 min), a intervalos de 30 min, durante o ciclismo (30, 60, 90 e 120 min) e após o TIMn. Parte da coleta foi usada para análise da creatinina (método colorimétrico, Jaffé modificado; reagente Labtest®, Minas Gerais, Brasil), através de um analisador automático (Dade Behring®, Eschborn, Alemanha). Outra parte do sangue foi usada para análise da hemoglobina e hematócrito, através de um analisador hematológico (Human®, Hessen, Alemanha). Esses dados serviram como marcadores sanguíneos do estado de hidratação.

Avaliação do desempenho físico e cognitivo-motor

O desempenho físico foi avaliado pelo tempo de exaustão imediatamente após o TIMn (momento pós). Já o desempenho cognitivo-motor foi avaliado tanto antes de iniciar o protocolo de ciclismo (momento pré), quanto no momento pós, através de: memória imediata, como descrita por McCrory et al.⁷; coordenação motora, utilizando o teste dedo-nariz adaptado de McCrory et al.⁷, e o tempo de reação simples, como descrito por Eckner et al.¹¹.

Avaliação do estado de hidratação

O estado de hidratação foi avaliado pela variação percentual da MC ($\Delta \%MC$) e por amostras de urina (aqui denominados de marcadores simples do estado de hidratação), também coletados nos momentos pré e pós. A urina foi usada para análise da sua coloração e gravidade específica (GE). A coloração urinária foi determinada através da escala de cores proposta por Armstrong et al.¹². A GE foi analisada por um refratômetro manual (Biobrix®, São Paulo, Brasil). De posse desses marcadores, o estado de hidratação foi classificado de acordo com Casa et al.³.

A taxa de sudorese também foi calculada de acordo Casa et al.³, onde: taxa de sudorese = MC do momento pré - MC do momento pós + total de líquidos ingeridos durante o protocolo (contado como 0, pois não houve ingestão de líquidos) - volume total urinário no momento pós/tempo do protocolo em horas.

Durante todo o experimento, foram registradas a temperatura ambiente, umidade relativa do ar, movimento do ar e radiação para calcular o índice bulbo úmido temperatura globo (IBUTG), através de um monitor de estresse ao calor (Instrutemp®, São Paulo, Brasil). Além disso, a temperatura corporal foi registrada através de um termômetro timpânico (Genius™ 2®, Minnesota, EUA), determinando a temperatura retal equivalente, oferecido pelo próprio

termômetro. Durante todos os momentos de coleta, também foram registradas as sensações térmicas e de conforto dos atletas¹³.

Análise estatística

Os dados são expressos como média e erro padrão. Após aplicação de testes de normalidade e/ou de igualdade de variância, os dados do IBUTG, sensações (térmica e conforto) e sanguíneos, foram analisados por ANOVA *one-way*; e as mudanças no grupo foram analisadas por ANOVA *two-way* por medidas repetidas, usando o teste de Tukey como *post hoc*. Os desempenhos físico, cognitivo-motor e os marcadores simples do estado de hidratação foram analisados por teste *t Student* pareado e não-pareado. Em qualquer condição, um nível de significância de $p < 0.05$ foi adotado.

Resultados

Houve diferença significativa apenas quanto ao $\Delta \%MC$ entre G3% e G2% ($p < 0.001$), e na GE urinária entre os momentos pré e pós-ciclismo, em ambos os grupos (G2%, $p = 0.016$; G3%, $p = 0.008$). Apesar disso, os valores iniciais da coloração e GE urinárias demonstraram que os grupos já estavam desidratados antes do início da sessão de ciclismo (tabela 1).

Apesar de o IBUTG aumentar em ambos os grupos ($p < 0.001$), este indicou um baixo estresse térmico. No momento MAX, o IBUTG atingiu 19.8 ± 0.1 °C e 19.6 ± 0.2 °C, em G2% e G3%, respectivamente, sem diferença entre os grupos (fig. 1A). Não houve diferença significativa nos valores equivalentes para temperatura retal em nenhum momento (fig. 1B). O mesmo ocorreu para a sensação térmica (fig. 1C) e sensação de conforto (fig. 1D), apesar do aumento dessas variáveis no decorrer do ciclismo, em ambos os grupos.

As concentrações de creatinina não apresentaram diferença significativa entre os grupos (fig. 2A), apesar do seu aumento ocorrer durante o protocolo nos grupos. Os valores de hemoglobina demonstraram um aumento significativo a partir do momento 30 no G2% ($p = 0.006$), e o G3% aumentou apenas no MAX, dentro do grupo ($p < 0.05$) (fig. 2B). Os hematócritos também não apresentaram diferença significativa entre os grupos ($p > 0.05$), apesar do aumento significativo dentro do G3% no momento MAX ($p < 0.05$) (fig. 2C).

Nestas condições, ambos os grupos apresentaram tempo de exaustão similares e não foram observadas alterações significativas no desempenho cognitivo-motor induzidas pela desidratação (tabela 2).

Discussão

Os desempenhos físico e cognitivo-motor podem ser prejudicados na desidratação causada pelo exercício em ambientes quentes^{14,15}. Esse estudo observou um estado de desidratação nos grupos tanto antes, quanto após o ciclismo, corroborando outros estudos^{1,16}. Armstrong et al.¹², avaliando tenistas durante jogos no calor, observaram um estado de desidratação antes de iniciarem as partidas. Casa et al.¹⁷ também observaram alterações na coloração urinária (~ 6) e GE ($\sim 1025 \text{ g/l}$) após corrida no calor.

Além disso, acredita-se que a perda de MC entre 1-3% pode causar prejuízos no desempenho físico e cognitivo-motor³. No estudo de Ganio et al.⁵, a perda de 16% da MC, em ambiente sem estresse térmico, induziu prejuízos cognitivos-motores. Mas parece que esse prejuízo não depende somente do grau de desidratação (perda de 2% da MC), mas também da hipertermia e aclimação^{3,18}. E, apesar do ACSM⁸ sugerir que uma perda da MC superior a 2% prejudica o desempenho cognitivo-motor, alerta que a evidência é mais forte para um efeito negativo de hipertermia.

Tabela 1

Marcadores simples do estado de hidratação dos grupos G2% e G3%, antes (pré) e após (pós) a sessão de ciclismo e novo teste incremental máximo

Grupos	Momento	Mudança da massa corporal (% massa corporal)	Cor da urina (escala Armstrong)	Gravidade específica da urina (g/l)	Taxa de sudorese (L/h)
G2%	Pré		4.5 ± 0.7	1019.4 ± 2.8	
	Pós	-1.87 ± 0.12	5.2 ± 0.4	1024.4 ± 1.5*	0.61 ± 0.10
G3%	Pré		3.3 ± 0.5	1016.4 ± 2.8	
	Pós	-3.29 ± 0.23†	4.3 ± 0.3	1021.0 ± 2.4*	0.86 ± 0.11

† Diferença significativa entre os grupos.

* Diferença significativa em relação ao momento pré do mesmo grupo.

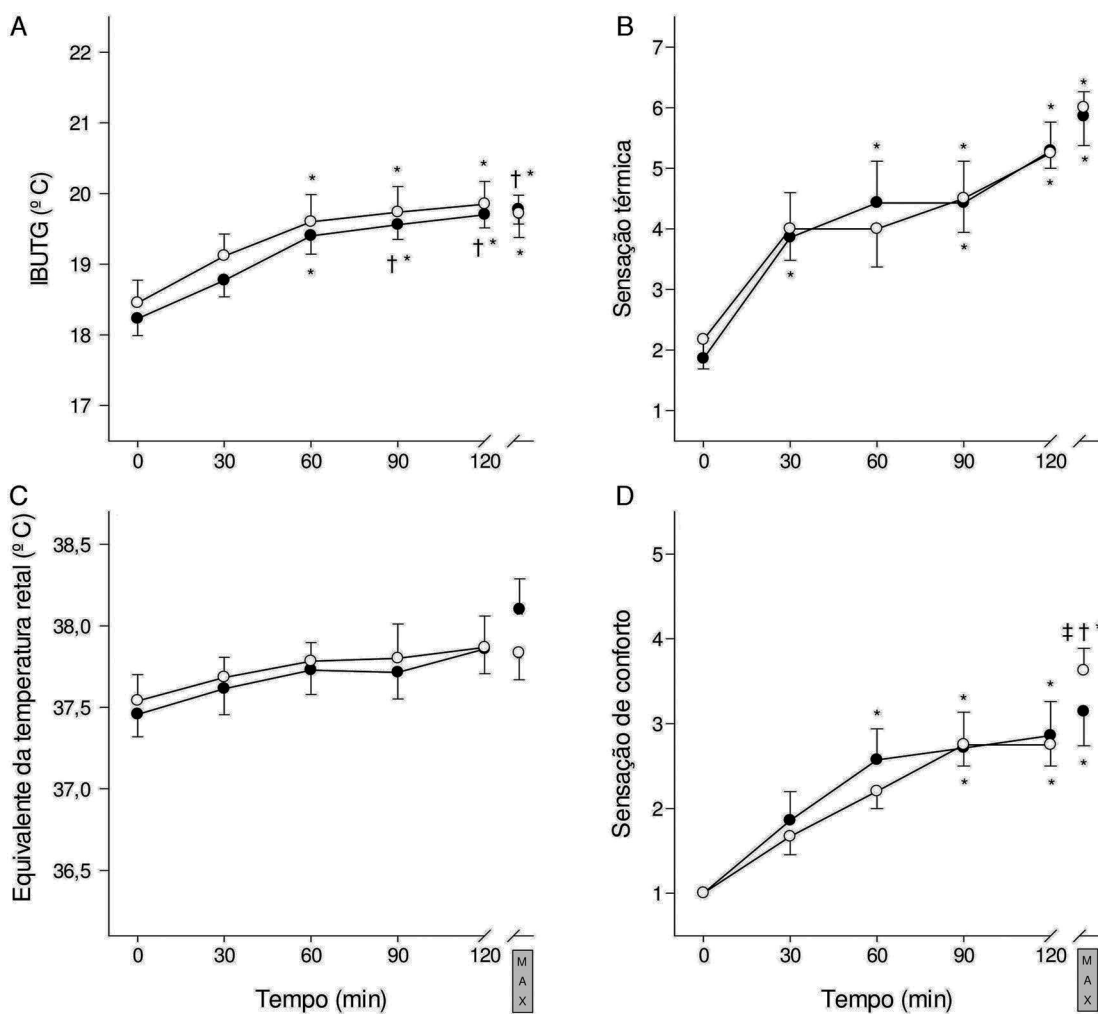


Figura 1. Condições ambientais, temperatura corporal e sensações térmicas e de conforto durante o protocolo experimental. Todos os atletas tiveram condições ambientais, temperaturas corporais e sensações similares. Atletas exercitaram-se por 2 horas, seguidas por um novo teste incremental máximo (TIMn) para levá-los à exaustão (MAX) (grupo G2%, ●) (grupo G3%, ○). Valores estão como médias e erros padrão. (A) IBUTG – valores de repouso: G2% 18.2 ± 0.2 °C e G3% 18.4 ± 0.3 °C; (B) temperatura retal equivalente – valores de repouso: G2% 37.4 ± 0.1 °C e G3%: 37.5 ± 0.1 °C; (C) sensação térmica – valores de repouso: G2% 1.8 ± 0.3 e G3% 2.1 ± 0.4; (D) sensação de conforto – valores de repouso: G2% 1.0 ± 0.0 e G3% 1.0 ± 0.0. *: valores de médias que foram diferentes significativamente de 0 min dentro do grupo. †: valores de médias que foram diferentes significativamente de 30 min dentro do grupo (p < 0.05).

Tabela 2

Desempenhos físico e cognitivo-motor dos grupos G2% e G3%, antes (pré) e após (pós) a sessão de ciclismo e novo teste incremental máximo

Grupos	Momento	Tempo de exaustão (min)	Memória imediata (pontos)	Teste dedo-nariz (pontos)	Tempo de reação simples (ms)
G2%	Pré		13.8 ± 0.5	0.6 ± 0.1	235.8 ± 10.4
	Pós	5.99 ± 0.39	14.3 ± 0.2	0.7 ± 0.1	233.7 ± 9.3
G3%	Pré		14.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	228.8 ± 10.1
	Pós	5.33 ± 0.36	14.5 ± 0.2	0.5 ± 0.1	216.7 ± 8.5

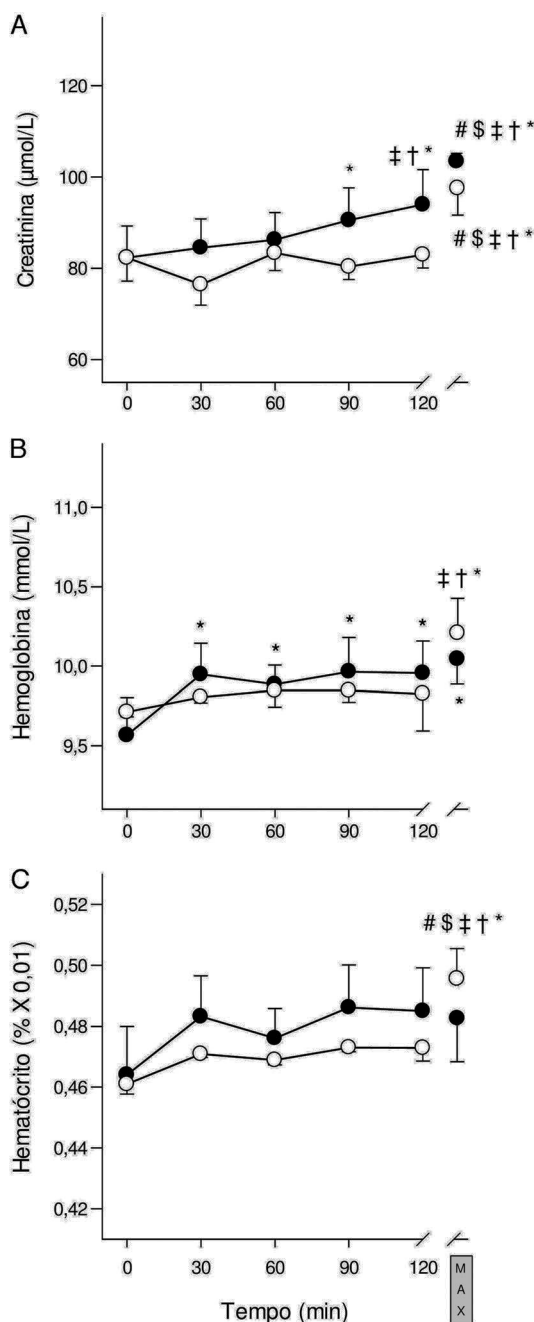


Figura 2. Concentrações de creatinina, hemoglobina e hematócrito durante o protocolo. Atletas se exercitaram por 2 horas seguidas por um novo teste incremental máximo (TIMn) para levá-los à exaustão (MAX) (grupo G2%, ●) (grupo G3%, ○). Valores são médias e erros padrão. (A) Creatinina – valores de repouso: G2% $82.3 \pm 6.8 \mu\text{mol/L}$ e G3% $82.3 \pm 5.1 \mu\text{mol/L}$; (B) hemoglobina – valores de repouso: G2% $9.5 \pm 0.2 \text{ mmol/L}$ e G3% $9.7 \pm 0.0 \text{ mmol/L}$; (C) hematócrito – valores de repouso: G2% $0.4 \pm 0.0 \times 0.01$ e G3% $0.4 \pm 0.0 \times 0.01$. *: valores de médias que foram diferentes significativamente de 0 min dentro do grupo. †: valores de médias que foram diferentes significativamente de 30 min dentro do grupo ($p < 0.05$). ‡: valores de médias que foram diferentes significativamente de 60 min dentro do grupo ($p < 0.05$). #: valores de médias que foram diferentes significativamente de 90 min dentro do grupo ($p < 0.05$). \$: valores de médias que foram diferentes significativamente de 120 min dentro do grupo ($p < 0.05$).

Esses argumentos corroboram os resultados obtidos nesta pesquisa, levando em consideração que o ambiente foi de baixo estresse térmico, os atletas eram aclimatados, não estavam sob hipertermia e não alteraram os marcadores sanguíneos de hidratação^{19,20}. Talvez os prejuízos físicos e cognitivos-motores só

ocorram em condições de não aclimação e hipertermia, mais do que na desidratação com redução de 2% da MC.

A hipertermia, por si, promove distúrbios cerebrais e causa prejuízos aos desempenhos físico e cognitivo-motor²¹. Walters et al.²² demonstraram que o desempenho de corrida foi reduzido, quando atingidas temperaturas retais de $\sim 39^\circ\text{C}$. No presente estudo, as temperaturas corporais dos atletas se situaram abaixo de 39°C , em ambiente de baixo estresse térmico (IBUTG $\sim 19^\circ\text{C}$).

Os efeitos negativos da desidratação sobre o desempenho cognitivo-motor parecem ser realmente contraditórios¹⁴. Bandelow et al.⁹ não encontraram prejuízos causados pela desidratação no desempenho cognitivo-motor de jogadores durante atividade no calor. Grego et al.²³ não encontraram efeitos do estado de hidratação sobre o desempenho cognitivo-motor numa hora de exercício.

Serwah e Marino²⁴ também relataram que, em exercício em condições quentes, o tempo de reação não foi comprometido pela perda de $\sim 1.7 \Delta\%$ da MC. Ely et al.²⁵ avaliaram o desempenho cognitivo-motor em indivíduos submetidos a perda de MC $\sim 4 \Delta\%$, em diferentes temperaturas ambientais e, também, não observaram alterações no tempo de reação. Esses estudos corroboram com o presente trabalho, onde os atletas não apresentaram quaisquer alterações no desempenho físico e cognitivo-motor, após 2 horas de ciclismo e um esforço até MAX, em estado de desidratação. Os dados sugerem que níveis de desidratação com perda de MC de até 3% não são suficientes para causar alterações no desempenho físico e cognitivo-motor em atletas aclimatados ao calor e sem hipertermia, após exercício realizado em ambiente de baixo estresse térmico.

Financiamento

O manuscrito teve o auxílio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL)/CNPq, para execução do projeto (processo n.º 20110831-011-0025-0029).

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Agradecimentos

Agradecemos o auxílio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL)/CNPq, o qual foi essencial para execução do projeto.

Referências

1. Armstrong LE, Pumerantz AC, Fiala KA, Roti MW, Kavouras SA, Casa DJ, et al. Human hydration indices: Acute and longitudinal reference values. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2010;20(2):145–53.
2. Grandjean AC, Grandjean NR. Dehydration and cognitive performance. *J Am Coll Nutr.* 2007;26 5 Suppl:549S–54S.
3. Casa DJ, Armstrong LE, Hillman SK, Montain SJ, Reiff RV, Rich BS, et al. National athletic trainers' association position statement: Fluid replacement for athletes. *J Athl Train.* 2000;35(2):212–24.
4. Lieberman HR. Hydration and cognition: A critical review and recommendations for future research. *J Am Coll Nutr.* 2007;26 5 Suppl:555S–61S.
5. Ganio MS, Armstrong LE, Casa DJ, McDermott BP, Lee EC, Yamamoto LM, et al. Mild dehydration impairs cognitive performance and mood of men. *Br J Nutr.* 2011;106(10):1535–43.
6. Binkley HM, Beckett J, Casa DJ, Kleiner DM, Plummer PE. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Exertional Heat Illnesses. *J Athl Train.* 2002;37(3):329–43.
7. McCrory P, Meeuwisse WH, Aubry M, Cantu B, Dvořák J, Echemendia RJ, et al. Consensus statement on concussion in sport: The 4th International Conference on Concussion in Sport held in Zurich, November 2012. *Br J Sports Med.* 2013;47(5):250–8.
8. Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(2):377–90.

9. Bandelow S, Maughan R, Shirreffs S, Ozgüven K, Kurdak S, Ersöz G, et al. The effects of exercise, heat, cooling and rehydration strategies on cognitive function in football players. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20 Suppl 3:148–60.
10. World Medical Association;1; Declaration of Helsinki. Ethical principles for medical research involving human subjects. WMA General Assembly 59th. Seoul: World Medical Association. 2008.
11. Eckner JT, Kutcher JS, Richardson JK. Between-seasons test-retest reliability of clinically measured reaction time in National Collegiate Athletic Association Division I athletes. *J Athl Train*. 2011;46(4):409–14.
12. Armstrong LE, Maresh CM, Castellani JW, Bergeron MF, Keriefick RW, LaGasse KE, et al. Urinary indices of hydration status. *Int J Sport Nutr*. 1994;4(3):265–79.
13. Gagge AP, Stolwijk JA, Saltin B. Comfort and thermal sensations and associated physiological responses during exercise at various ambient temperatures. *Environ Res*. 1969;2(3):209–29.
14. Barroso SS, Almeida RD, Gonzaga WS, Alves SR, Camerino SRAS, Lima RCP, et al. Estado de hidratação e desempenho cognitivo-motor durante uma prova de fast-triathlon no calor. *Rev Educ Fis/UEM*. 2014;25(4):639–50.
15. Bergeron MF, Bahr R, Bärtsch P, Bourdon L, Calbet JA, Carlsen KH, et al. International Olympic Committee consensus statement on thermoregulatory and altitude challenges for high-level athletes. *Br J Sports Med*. 2012;46(11):770–9.
16. Silva RP, Mündel T, Altoé JL, Saldanha MR, Ferreira FG, Marins JC. Preexercise urine specific gravity and fluid intake during one-hour running in a thermoneutral environment – A randomized cross-over study. *J Sports Sci Med*. 2010;9(3):464–71.
17. Casa DJ, Stearns RL, Lopez RM, Ganio MS, McDermott BP, Walker Yeargin S, et al. Influence of hydration on physiological function and performance during trail running in the heat. *J Athl Train*. 2010;45(2):147–56.
18. Cian C, Barraud PA, Melin B, Raphael C. Effects of fluid ingestion on cognitive function after heat stress or exercise-induced dehydration. *Int J Psychophysiol*. 2001;42(3):243–51.
19. Banfi G, Colombini A, Lombardi G, Lubkowska A. Metabolic markers in sports medicine. *Adv Clin Chem*. 2012;56:1–54.
20. Armstrong LE. Assessing hydration status: The elusive gold standard. *J Am Coll Nutr*. 2007;26 5 Suppl:575S–84S.
21. Nybo L, Secher NH. Cerebral perturbations provoked by prolonged exercise. *Prog Neurobiol*. 2004;72(4):223–61.
22. Walters TJ, Ryan KL, Tate LM, Mason PA. Exercise in the heat is limited by a critical internal temperature. *J Appl Physiol*. 2000;89(2):799–806.
23. Grego F, Vallier JM, Collardeau M, Rousseu C, Cremieux J, Brisswalter J. Influence of exercise duration and hydration status on cognitive function during prolonged cycling exercise. *Int J Sports Med*. 2005;26(1):27–33.
24. Serwah N, Marino FE. The combined effects of hydration and exercise heat stress on choice reaction time. *J Sci Med Sport*. 2006;9(1-2):157–64.
25. Ely BR, Sollanek KJ, Chevront SN, Lieberman HR, Kenefick RW. Hypohydration and acute thermal stress affect mood state but not cognition or dynamic postural balance. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113(4):1027–34.