



Alterações hidroeletrólíticas agudas ocorridas no Triatlon Ironman Brasil

Lourenço Sampaio de Mara¹, Roberto Lemos¹, Leila Brochi¹, Izabel Cristina Provenza de Miranda Rohlfs¹ e Tales de Carvalho¹

RESUMO

O Triatlon *Ironman* caracteriza-se por ser uma atividade de resistência constituída por 3,8km de natação, 180km de ciclismo e 42,2km de corrida, no qual o atleta exercita-se, em média, por cerca de 13 horas. Neste contexto, o atleta exposto a tal carga de esforço e adversidades ambientais, experimenta alterações orgânicas agudas em seus sistemas biológicos, incluindo os distúrbios hidroeletrólíticos. O objetivo deste estudo é descrever as alterações hídricas e eletrólíticas encontradas em atletas de triatlon *Ironman*. De 2002 a 2005 foram avaliados 109 atletas voluntários antes e imediatamente após as provas realizadas em Florianópolis-SC Brasil, com análise sanguínea dos eletrólitos sódio, e potássio, e medida de massa corporal. Os dados do sódio sérico de 89 atletas foram correlacionados com o grau de desidratação e modificações percentuais de peso corporal. Dados de 77 atletas, quanto ao potássio sérico, foram avaliados isoladamente de forma descritiva. Seis atletas (6,7%) apresentaram-se euhidratados ou superhidratados ao final da prova, 50 atletas desidrataram de 0 a 3% (56,2%), 29 de 3 a 6% (32,6%) e 4 atletas (4,5%) desidrataram mais que 6%. Houve uma tendência a ocorrer hiponatremia entre aqueles que desidrataram menos ou ganharam peso. O potássio teve um comportamento dentro dos limites da normalidade em toda amostra. Conclui-se que os distúrbios hidroeletrólíticos (hiponatremia e desidratação) são incidentes nesta modalidade esportiva, sendo a superhidratação a etiologia provável da hiponatremia denotada pelo ganho ou perdas discretas de peso.

ABSTRACT

Acute hydroelectrolytic changes occurred in the Brazilian Ironman Triathlon

The Ironman Triathlon is characterized for being an endurance activity consisting of 3.8 km of swimming, 180 km of cycling and 42.2 km of running, in which the athlete exercises an average of about 13 hours. In this context, the athlete exposed to such load of effort and environmental adversities, experiences acute organic alterations in his biological systems, including hydroelectrolytic disturbs. The objective of this study is to describe the hydric and electrolytic alterations found in Ironman triathlon athletes. From years 2002 to 2005, 109 volunteer athletes have been evaluated before and immediately after the events which took place in Florianópolis-SC Brazil, with blood analysis of sodium and potassium electrolytes, and body mass measurement. Sodium serum data from 89 athletes have been correlated with the degree of dehydration and percentage alterations of body weight. Data of 77 athletes concerning the serum potassium were separately evaluated

Palavras-chave: Hiponatremia. Desidratação. Superhidratação. Potássio.

Keywords: Hyponatremia. Dehydration. Superhydration. Potassium.

in a descriptive way. Six athletes (6.7%) were euhydrated or superhydrated at the end of the test; 50 athletes were dehydrated from 0 to 3% (56.2%); 29 from 3 to 6% (32.6%) and 4 athletes (4.5%) were dehydrated more than 6%. There was a tendency to hyponatremia among those who had dehydrated less or gained weight. Potassium behaved within the limits of normality in the entire sample. It was concluded that hydroelectrolytic disturbs (hyponatremia and dehydration) are recurrent in this sportive modality, being superhydration the probable etiology of hyponatremia denoted from profit or small weight loss.

INTRODUÇÃO

O triatlon *Ironman* é uma prova de longa duração que envolve 226km entre natação (3,8km), ciclismo (180km) e corrida (42,2km), com o atleta experimentando um desafio de superação por cerca de 13 horas, suportando um estresse físico, que pode ser agravado por circunstâncias ambientais ou outros fatores. Frente ao estresse imposto, o organismo necessita de permanente suporte energético e hidroeletrólítico externo a fim de que seja mantida a homeostase orgânica.

A prova vem se tornando cada vez mais popular, despertando interesse entre atletas oriundos de uma das modalidades envolvidas, ou mesmo de pessoas sedentárias que por um desafio auto-imposto de superação física ou psicológica objetivam apenas concluir a prova.

Florianópolis, capital do estado de Santa Catarina, tem sido a sede do evento brasileiro desde 2001. Por volta de 500 atletas se inscreveram em 2001, seguidos de cerca de 700 atletas em 2002, 900 em 2003, 1000 em 2004. Em 2005, 1.173 atletas se inscreveram no *Ironman* Brasil, um evento que, pela sua magnitude, atrai cada vez mais investimentos. No último ano, cerca de 50% estavam em sua primeira prova, ou seja, pouco experientes quanto às repercussões de um balanço hidroeletrólítico ou energético incorreto. Em eventos com mais de quatro horas de duração, o balanço eletrólítico e a desidratação têm sido sugeridos como fatores importantes no desempenho e injúria do atleta⁽¹⁻³⁾.

Os distúrbios hidroeletrólíticos nas provas de triatlon *Ironman* têm sido alvo de pesquisas por diversos autores. A hiponatremia tem se apresentado como sendo de grande importância, principalmente nos casos sintomáticos. A hiponatremia sintomática foi relatada pela primeira vez em dois atletas que participaram da maratona de Comrades na África do Sul em 1981⁽⁴⁾, subseqüentemente outros dois casos foram relatados⁽²⁾. Foi descrito que nove entre dezesseis (56%) pessoas admitidas no hospital após maratona de Comrades em 1985 estavam hiponatremias. O achado comum destes casos foi a ocorrência de hiponatremia após exercício prolongado de moderada intensidade e/ou recreacional. Tal situação não é comum em atletas altamente treinados e competitivos. Mais recentemente, Hiller e O'Toole⁽⁵⁻⁹⁾ verificaram

1. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Educação Física, Fisioterapia e Desportos, Florianópolis, SC.

Aceito em 13/6/07.

Endereço para correspondência: Lourenço Sampaio de Mara, Rod. Maurício Sirotsky Sb, 5.541, Jurerê – 88053-700 – Florianópolis, SC. E-mail: lousmara@brturbo.com

a incidência de hiponatremia entre 13% a 29% em competidores de triatlon *Ironman* no Havaí. Embora este índice seja alto, felizmente a hiponatremia sintomática ocorre em torno de 0,3 a 0,6% dos casos, sendo, a grande maioria, assintomática sem maiores repercussões clínicas, somente com prejuízo do desempenho esportivo. A desidratação tem sido encontrada em 12 a 31% dos atletas estudados, sendo que ao realizar um trabalho de conscientização e informações dos riscos da desidratação e hiponatremia, verificou-se uma redução significativa na incidência destas complicações⁽⁵⁾.

Sendo as alterações hidroeletrólíticas influenciadas pelas condições ambientais, condicionamento e aclimação do atleta; é justificável que este estudo se desenvolva no Brasil. Assim, este artigo tem como objetivo descrever as alterações hidroeletrólíticas encontradas em atletas no triatlon Ironman Brasil, analisando o comportamento do sódio, potássio e grau de desidratação, proporcionando desta forma, conhecimento dos eventuais distúrbios aos atletas, comissão organizadora, e principalmente a equipe médica, a fim de se aplicar a abordagem preventiva, diagnóstica e terapêutica correta.

MÉTODOS

Por ocasião do congresso técnico, realizado na semana da prova, os atletas foram convidados a participar voluntariamente da pesquisa. A coleta consistiu de 10ml de sangue obtido dois dias antes da prova e pesagem da massa corpórea imediatamente antes da largada, com o atleta trajando apenas a sunga de natação. Por ocasião imediata da chegada, os atletas foram novamente pesados e outra amostra de sangue foi coletada. A amostra foi composta por 19 atletas no ano de 2002, 30 atletas em 2003, 30 em 2004 e 30 em 2005. Em todos os anos alguns atletas foram excluídos por não completarem a prova ou por não realizarem a coleta sanguínea ou pesagem corporal de forma adequada e completa. Foram incluídos 89 atletas no estudo e apenas 77 foram avaliados quanto ao parâmetro do potássio sérico. O projeto de pesquisa foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Universidade do Estado de Santa Catarina. Foi apresentado aos sujeitos do estudo termo de consentimento pós-esclarecido.

Cadastro dos atletas

Na primeira etapa da coleta (coleta basal) o cadastro foi realizado pelo processo manual, gerando etiquetas manuais de identificação. A seguir, os protocolos foram recadastrados pelo sistema automatizado, gerando as etiquetas de identificação com os respectivos códigos de barra.

Punção venosa, armazenamento e transporte

A punção venosa foi realizada por meio do sistema de coleta a vácuo na fossa cubital utilizando-se: tubos de coleta Sarstedt com anticoagulante EDTA K₂ – volume 1,2ml, lote 4094001, validade 04/2006; tubos de coleta Sarstedt sem anticoagulante SST soro gel – volume 4.9ml, lote – 5090501, validade 10/2005; agulhas coleta múltipla – Sarstedt, lote 4074801, validade 11/2007.

Após a coleta do material biológico, e transcorrido o tempo necessário para a coagulação do sangue (no mínimo 15 minutos), os tubos de soro gel foram centrifugados durante 15 minutos a 1.500 rotações por minutos em centrífuga calibrada. Foram, então, acondicionados no refrigerador e transportados em maleta térmica apropriada e com gelo reciclável.

Metodologia das análises realizadas

A automação foi utilizada para as análises de sódio e potássio, utilizando o aparelho ADVIA – BAYER, que é um analisador imunológico automático capaz de realizar testes em soro, plasma, urina e líquidos. O módulo fotométrico realiza métodos bioquímicos e imunoturbidimétricos. O módulo ISE (eletrodos seletivos) para

íons mede as concentrações de sódio e potássio em amostras de soro, plasma ou urina. Os valores de referência do laudo foram: sódio de 135 a 145mmol/l; potássio de 3,0 a 5,5mmol/l.

A análise estatística dos resultados consistiu de uma parte descritiva, com a determinação das estatísticas descritivas básicas⁽¹⁰⁾, e de uma parte inferencial, que estudou a significância estatística da correlação entre os resultados dos exames⁽¹¹⁾.

A análise descritiva tem o intuito de analisar e interpretar os dados quantitativos de uma amostra. As estatísticas descritivas determinadas foram o valor mínimo, a mediana, o valor máximo, a média aritmética, o desvio-padrão e o coeficiente de variação (CV), determinou-se também a frequência relativa do grau de desidratação e hiponatremia dos competidores. Como suporte na interpretação dos dados, construiu-se gráficos de dispersão para verificar visualmente se as variáveis de interesse eram correlacionadas, podendo ser verificado se estas apresentam uma tendência de relacionamento linear.

Pela análise inferencial verificou se a correlação entre as variáveis de interesse era significativa. Esta análise consistiu de um teste com as seguintes hipóteses: H₀ – as variáveis não possuem correlação e H₁ – existem uma correlação estatisticamente significativa entre as variáveis. O objetivo do teste é determinar a probabilidade (p) que permite rejeitar ou não H₀. Se p > α não se rejeita H₀, e se p < α rejeita-se H₀. O nível de significância do teste foi de 5% (α = 0,05).

Na construção dos gráficos utilizou-se do programa Microsoft Excel⁽³³⁾. Nas análises estatísticas descritivas e inferenciais usou-se o programa STATISTICA 6.0⁽³⁴⁾.

RESULTADOS

Da amostra estudada, 20 atletas foram excluídos por motivos diversos: três deles não concluíram a prova e 17 não realizaram uma das pesagens (antes ou depois). Dentre os 89 atletas avaliados, 22 não foram considerados quanto ao potássio sérico, pois seus resultados geraram erro de análise, devido a ocorrência de hemólise sanguínea em suas amostras.

A distribuição por sexo demonstrou 10 mulheres (11,2%) e 79 homens (88,76%) com idade média de 34 anos.

A determinação do percentual do grau de desidratação se fez através da fórmula: $(P_{\text{pré-FC}} - P_{\text{pós}}) \times 100 / (P_{\text{pré-FC}})$, sendo que:

P_{pré} = peso pré prova.

P_{pós} = peso pós prova.

Fc = Fator de correção.

O fator de correção representa o peso das perdas de fontes não hídricas, minimizando desta forma uma superestimação do grau de desidratação. Neste estudo considerou-se o Fc igual a 1kg, aplicado a um atleta de 70kg e proporcionalmente para mais ou para menos, sendo a maior correção utilizada de 1,3kg para um atleta de 91kg, e a menor correção de 0,78kg para um atleta de 54kg.

A determinação da variação percentual (delta) de peso se fez através da fórmula: $[(P_{\text{pós}} - (P_{\text{pré-FC}}))] \times 100 / (P_{\text{pré-FC}})$.

Os dados estatísticos descritivos das variáveis estudadas estão representados na tabela 1.

TABELA 1
Estatísticas descritivas dos dados utilizados na análise

Variáveis	N	Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio Padrão	Coeficiente de variação
Sódio final	89	131,00	140,00	147,00	140,03	3,32	2,4%
% Desidratação	89	-2,35	2,10	6,96	2,44	1,92	78,7%
% Delta de peso	89	-9,86	-5,00	-0,55	-5,35	1,92	36,0%
Potássio inicial	77	3,80	4,60	5,70	4,64	0,37	7,9%
Potássio final	77	3,80	4,60	5,60	4,65	0,41	8,9%

O percentual de desidratação e a mudança percentual de peso (% delta) foram correlacionados com o sódio sérico final através de análise inferencial e de diagrama de dispersão representado pelas figuras 1 e 2.

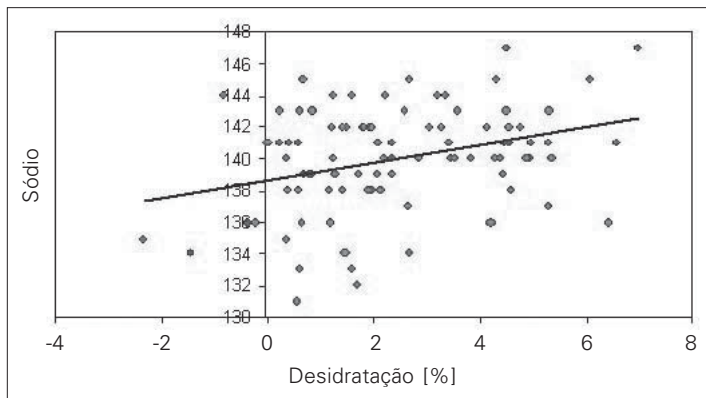


Figura 1 – Diagrama de dispersão entre o nível de sódio final e % desidratação

A correlação entre as variáveis, considerando 89 casos válidos, é estatisticamente significativa ($p = 0,002$) e sua estimativa é de 0,3245, indicando uma associação positiva de intensidade fraca-moderada, na qual o aumento do percentual de desidratação provoca um aumento no nível de sódio final. A equação de regressão que relaciona as variáveis está apresentada a seguir: $Na_{\text{final}} = 138,6632 + 0,5608 \text{ Desidratação\%}$.

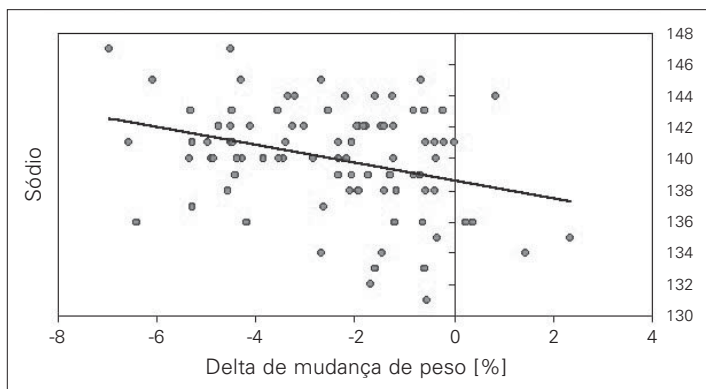


Figura 2 – Diagrama de dispersão entre o nível de sódio final e o delta de mudança % de peso

A correlação entre as variáveis, considerando 89 casos válidos, é estatisticamente significativa ($p = 0,002$) e sua estimativa é de $-0,3245$, indicando uma associação de intensidade fraca-moderada, sendo observado que o aumento do percentual delta de mudança de peso se relaciona com uma diminuição no nível de sódio final. A equação de regressão que relaciona as variáveis é apresentada a seguir: $Na_{\text{final}} = 137,0361 - 0,5608 \text{ Delta de Mudança de Peso\%}$.

Neste estudo classificou-se o grau percentual de desidratação e avaliou-se a distribuição dos achados laboratoriais de hiponatremia ($Na^+ < 135\text{mmol/l}$) no contexto desta estratificação. Observou-se que os casos de hiponatremia foram mais incidentes em grau de desidratação leve ou quando houve ganho e/ou manutenção de peso. Em graus moderados ou severos de desidratação não houve ocorrência de casos laboratoriais de hiponatremia. Os resultados são representados na tabela 2.

O potássio sérico foi avaliado de forma isolada, analisando-se os níveis iniciais e finais de cada atleta. Observou-se que no universo de 77 atletas um atleta apresentou nível inicial discretamente superior ao limite superior da normalidade e um atleta apresentou nível final discretamente superior ao nível superior da normalidade.

TABELA 2
Distribuição dos competidores por grau de desidratação e hiponatremia em cada grau

	Ganho de peso $\leq 0\%$	Leve 0-3%	Moderada 3-6%	Severa $> 6\%$	Total
Total	6 (6,7%)	50 (56,2%)	29 (32,6%)	4 (4,5%)	89 (100%)
Com hiponatremia ($Na \leq 135$)	2 (22,2%)	7 (77,8%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	9 (100%)

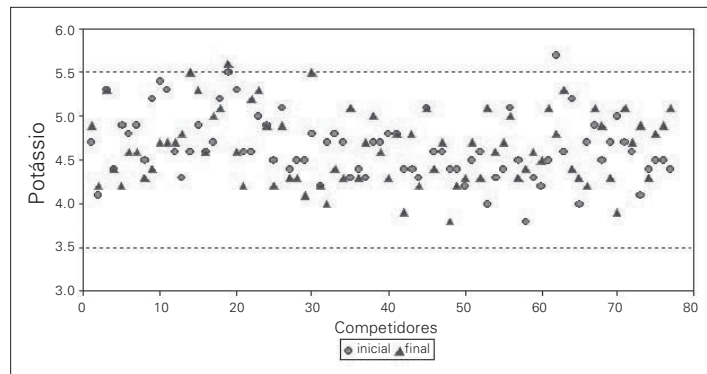


Figura 3 – Nível de potássio antes e depois da realização da prova ($n = 77$)

DISCUSSÃO

Estudos prévios alertam que a equipe médica deve estar preparada para atender no mínimo de 2 a 10% dos atletas participantes de uma prova de triatlon com menos de quatro horas de duração, 10 a 20% em provas de quatro a oito horas e, no mínimo, 20% dos atletas participantes de provas de 9 a 17 horas⁽⁶⁾, que é o caso do triatlon *Ironman*.

No triatlon *Ironman* do Havá em 1988, 25% dos corredores necessitaram de assistência médica. Já em 1997 no triatlon *Ironman* da Nova Zelândia, 15 a 20% dos atletas necessitaram de cuidados na tenda médica⁽⁵⁾.

O percentual de atendimento médico no *Ironman* Brasil entre os anos de 2002 e 2005 foi entre 20 a 25%, o que foi concordante com os achados de outros autores⁽⁵⁻⁶⁾. Isto reflete a necessidade da equipe médica estar preparada logisticamente para assistir da melhor forma possível o atleta. Além da estrutura e equipamentos adequados, é importante ao médico estar ciente das possibilidades diagnósticas mais incidentes e dessa forma estar preparado para o diagnóstico e terapêutica.

Os achados de alterações hidroeletrólíticas neste estudo correspondem principalmente à situação de hiponatremia e desidratação. Os resultados aqui encontrados não refletem a incidência destes distúrbios no contexto geral da prova, pois nem todos os atletas que foram avaliados precisaram de atendimento médico, sendo que provavelmente a incidência de desidratação ou hiponatremia seria maior ou no mínimo, melhor avaliada entre os atletas que necessitaram ser encaminhados para a tenda médica, uma vez que estes apresentavam alguma queixa ou sinais ou sintomas específicos possivelmente relacionados a distúrbios hidroeletrólíticos. Um aspecto importante visto neste estudo foi a tendência do comportamento eletrólítico quando relacionado com o estado hídrico do atleta. Verificou-se uma relação inversa entre o sódio sérico final e as alterações percentuais do peso da massa corporal, concordante com achados de outros autores⁽⁷⁻⁸⁾, ou seja, atletas que mantêm peso, ou perdem pouco peso, têm a tendência de apresentar menores valores de sódio sérico, sugerindo que a hiponatremia seja em decorrência de uma superhidratação e conseqüente diluição deste eletrólito⁽⁸⁾. Neste caso as perdas hídricas são supercompensadas com fluidos pobres em sódio. Outro autor⁽⁹⁾, no entanto, encontrou casos de hiponatremia em atletas que

apresentavam desidratação e não superhidratação, provavelmente devido as perdas hídricas serem repostas de forma insuficiente tanto quantitativamente como qualitativamente, ou seja, pobre em sódio⁽³⁶⁾. Neste caso a hiponatremia parece ser menos comum, porém possível. A fim de suprir a perda de sódio, sua ingestão deve ser adequada através da bebida esportiva a qual deve conter 30 a 50mmol/l deste eletrólito, para uma boa absorção e prevenção da hiponatremia⁽³⁶⁾, e/ou pela contribuição da adição de cloreto de sódio nos alimentos consumidos ao longo da prova. A diretoria da Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte⁽⁴²⁾ preconiza a reposição de 0,7 a 1,0g/l de sódio, contudo não se refere especificamente à atividade de longa duração como triatlon *Ironman*. Recente estudo⁽³⁷⁾ comparou grupos controle e placebo quanto a ingestão *ad libitum* suplementar de pastilhas de sódio, em triatlon *Ironman* não evidenciando diferença significativa nos níveis finais séricos deste eletrólito entre eles, sugerindo não ser necessária esta forma de reposição. É evidente a importância de estudos que avaliem a quantidade e qualidade da bebida esportiva, bem como outras formas de reposição do sódio utilizadas pelos atletas e suas repercussões no equilíbrio eletrolítico sérico ao final, o que, porém, é uma tarefa árdua no contexto geral da prova, pois necessita para este objetivo um estudo muito bem delineado, um participante bem orientado previamente e uma equipe de pesquisadores bem posicionada ao longo do trecho da competição, a fim de otimizar a coleta de informações, o que não foi possível neste estudo.

Outra forma de interpretar o comportamento do sódio foi pela correlação feita entre o grau de desidratação ou estado hídrico do atleta e o sódio final, (figura 1), que demonstra haver uma tendência, para aqueles que têm um maior grau de desidratação, de apresentarem maiores níveis de sódio sérico final, e para aqueles que se mantêm euhidratados ou superhidratados apresentarem tendência à hiponatremia. A etiologia deste distúrbio ainda é controversa. Contudo, há algumas considerações mais plausíveis como a sobrecarga da ingestão hídrica com reposição insuficiente de sódio, atividade inapropriada do hormônio antidiurético⁽¹²⁻¹⁴⁾, seqüestro de sódio para o intestino (terceiro espaço), perda de sódio excessiva no suor, insuficiência renal em eliminar o excesso de líquido⁽¹⁵⁾, associado ou não ao uso de antiinflamatórios não hormonais⁽³⁸⁾. Dentre todas essas possibilidades o excesso de ingestão hídrica associada ou não a outros fatores parece ser a principal causa da hiponatremia em atletas de triatlon *Ironman*. Noakes⁽³⁹⁾ relatou um caso no triatlon *Ironman* na África do Sul em que dos 361 atletas avaliados, aquele que registrou maior ganho de peso de massa corporal ao final da prova apresentava sinais clínicos de hiponatremia e retenção de líquido sem sinais de insuficiência renal, contribuindo para a hipótese de hiponatremia dilucional devido a sobrecarga de ingestão de fluidos. No presente estudo, verificou-se a tendência de desenvolver hiponatremia entre os atletas que ganharam ou perderam pouco peso devido a provável fator dilucional por sobrecarga hídrica, contudo as causas que levaram a retenção de fluidos não foram avaliadas.

Um aspecto importante a se considerar neste estudo foi a determinação do grau de desidratação, classificando-o como leve, moderado e severo. Isto permitiu uma avaliação do comportamento do íon sódio nos diferentes graus de desidratação e verificou-se que a hiponatremia foi mais incidente entre aqueles com desidratação leve ou manutenção e ganho do estado hídrico, reflexo da provável hiponatremia dilucional. A desidratação leve corresponde a perda de massa corporal menor que 3% em que o atleta pode ou não experimentar discreto prejuízo da termorregulação⁽⁴⁰⁾. A moderada se dá entre 3 e 6% com prejuízo da termorregulação e queda da performance e a severa com perda maior que 6% com possibilidade de colapso termorregulatório, coma e óbito. Todavia, há estudo que demonstra alto percentual de perda de peso corporal sem graves complicações clínicas⁽⁴¹⁾. Verificou-se nos atletas avaliados no *Ironman* Brasil que, apesar de 4,5% destes apresentarem grau de desidratação severo, suas condições clínicas

não representavam risco eminente de óbito. Determinar o grau de desidratação mostrou-se um grande desafio, uma vez que essa determinação baseia-se nas mudanças do peso da massa corporal, sendo que 500mg corresponde a 480-500ml⁽¹⁶⁾. Porém, o grau de desidratação é superestimado quando calculado unicamente pela diferença de peso corporal pré e pós prova. As alterações de peso corporal de um atleta de triatlon *Ironman* representam uma somatória de perdas hídricas e de fontes não hídricas, provenientes da oxidação da gordura, carboidratos e água contida no interior do glicogênio^(7,13,17-21). Rogers sugere que a perda de 2,0kg sejam provenientes de fontes não hídricas⁽⁷⁾. Portanto, acredita-se que um atleta que apresenta perda de peso de 1 a 2kg apresentase superhidratado ou euhidratado ao final da prova⁽⁵⁾.

Ao se analisar dados preliminares de 2002, verificou-se que o grau de desidratação encontrado não correspondia à condição clínica dos atletas⁽²²⁾. Hipotetizou-se, então, a necessidade de se aplicar um fator de correção ao se avaliar a perda hídrica e, conseqüentemente, o grau de desidratação de um atleta quando se analisam as alterações de peso corporal. Encontrar esse fator de correção carece de maiores estudos, não havendo consenso que padronize esta correção. Dessa forma aplicou-se o fator de correção de 1kg a um atleta padrão de 70kg e proporcionalmente aos atletas de maior e menor peso. Acredita-se, então, que a avaliação do grau de desidratação seja mais próxima do real, permitindo avaliar o perfil da incidência desta alteração de forma mais fidedigna.

O potássio é um íon predominantemente encontrado no intracelular em nosso organismo. Ao se examinar o comportamento e a regulação do potássio frente ao exercício, alguns atletas podem apresentar aumento de 5mmol/l ou mais durante uma atividade de alta intensidade até a exaustão⁽²³⁾, associado ao rápido decréscimo do potássio intracelular do músculo em contração e aumento dos níveis extracelulares. Pode ocorrer fadiga muscular devido à despolarização do potencial de membrana⁽²⁴⁻²⁶⁾. Porém, ao cessar a atividade de contração muscular no exercício de alta intensidade ocorre um rápido decréscimo do K⁺ plasmático a valores próximos de 2mmol/l^(22,26). Há relatos de que exercícios submáximos prolongados promovem perdas contínuas de K⁺ do músculo esquelético em contração⁽²⁸⁻²⁹⁾ e levam à mudanças no potencial de membrana de repouso implicando menos freqüentemente em fadiga muscular⁽³⁰⁻³¹⁾.

As reservas intracelulares contêm cerca de 3000 a 4200mmol de K⁺ para mobilização. Os sintomas clínicos de fadiga não são sentidos até a depleção de 2% desta reserva correspondendo à perda de 50 a 80mmol. Pesquisas sugerem que o K⁺ perdido numa atividade física é facilmente repostado por uma dieta normal no período pós exercício⁽³²⁾. Contudo, em uma atividade como o triatlon *Ironman*, se assumirmos uma taxa de sudorese de 1l/h no decorrer de 10h, e que a concentração de K⁺ no suor é de 8 a 15mmol/l, ocorrerá depleção de K⁺ com conseqüências clínicas, caso não haja reposição deste íon. Em nosso estudo o comportamento do potássio sérico se mostrou dentro dos níveis normais em todos os atletas, denotando que a reposição das perdas deste eletrólito ocorreu facilmente, provavelmente pela oferta disponibilizada ao longo da prova por meio de bebidas isotônicas que costumam conter K⁺ suficiente para manutenção do equilíbrio deste íon no compartimento extracelular.

Torna-se imperativo o reconhecimento destas possíveis alterações pelos atletas, comissão técnica, comissão organizadora e equipe de saúde, de modo que o diagnóstico e a terapêutica sejam estabelecidos corretamente. Formas diagnósticas simples podem ser adotadas sistematicamente pela organização da prova a fim de propiciar segurança ao atleta, como implementar plano seguro de fornecimento de água e bebidas isotônicas ao longo da prova⁽³⁵⁾, a pesagem compulsória por ocasião do congresso técnico e adoção de aparelhos portáteis de dosagem de sódio sérico na tenda médica, otimizando o diagnóstico terapêutico e conseqüente segurança e qualidade do tratamento oferecidos ao atleta.

CONCLUSÃO

Atletas de triatlon *Ironman* exercitam-se de forma submáxima por um período prolongado, o que favorece alterações hidroeletrólíticas ao longo da prova. Traçar uma estratégia de reposição se faz necessária, considerando aspectos como taxa de sudorese, fatores ambientais e aclimação. Dentre os possíveis distúrbios eletrolíticos, a hiponatremia foi mais evidente, sendo relacionada à possível superhidratação, com conseqüente diluição do sódio. Existem evidências de que a desidratação e hiponatremia podem ocorrer em decorrência da reposição de fluido pobre em sódio.

A desidratação em diversos graus, também, foi incidente, sendo um distúrbio que deve ser investigado. Portanto, o atleta deve ser orientado não somente quanto aos riscos da desidratação, se

houver uma baixa ingestão de fluido, mas também, quanto a superhidratação ou sobrecarga de fluidos, que poderiam levar a complicações como a hiponatremia sintomática. Distúrbios relacionados ao potássio não foram observados, com os níveis plasmáticos deste íon não evidenciando alterações relevantes.

Estratégias de prevenção, diagnóstico e terapêutica podem e devem ser sistematicamente instituídas para minimizar a incidência dos distúrbios hidroeletrólíticos em atletas praticantes de eventos de longa duração como triatlon *Ironman*.

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

REFERÊNCIAS

- Noakes TD, Carter JW. Biochemical parameters in athletes before and after having run 160 kilometres. *S Afr Med J*. 1976;50:1562-6.
- Noakes TD, Goodwin N, Rayner BL, Branken T, Taylor RK. Water intoxication: a possible complication during endurance exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1985; 17:370-5.
- Frizzell RT, Lang GH, Lathan SR. Hyponatremia and ultramarathon running. *JAMA*. 1986;255:772-4.
- Ariefi AI, Ayus JC, Fraser CL. Hyponatraemia and death or permanent brain damage in healthy children. *BMJ*. 1992;304:1218-22.
- Speedy DB, Rogers IR, Noakes TD, Thompson JM, Guirey J, Safih S, et al. Diagnosis and prevention of hyponatremia at an ultradistance triathlon. *Clin J Sport Med*. 2000;10:52-8.
- Hiller WD, O'Toole ML, Fortes EE, Laird RH, Imbert PC, Sisk TD. Medical and physiological considerations in triathlons. *Am J Sports Med*. 1987;15:164-7.
- Rogers G, Goodman C, Rosen C. Water budget during ultra-endurance exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1997;29:1477-81.
- Speedy DB, Noakes TD, Kimber NE, Rogers IR, Thompson JM, Boswell DR, et al. Fluid balance during and after an ironman triathlon. *Clin J Sport Med*. 2001;11:44-50.
- Hiller WD. Dehydration and hyponatremia during triathlons. *Med Sci Sports Exerc*. 1989;21(Suppl 5):S219-21.
- Bussab WO, Moretin PA. Medidas Resumo. In: Bussab WO, Moretin PA, editores. *Estatística Básica*. 5ª edição. São Paulo: Saraiva; 2002. p. 35-68.
- Neter JN, Wasserman W, Kutner MH. Inference in regression analysis. In: Neter JN, Wasserman W, Kutner MH, editors. *Applied linear statistical models*. 3ª edição. Boston, EUA: Richard D. Irwin Inc.; 1990. p. 62-112.
- Clark JM, Gennari FJ. Encephalopathy due to severe hyponatremia in an ultramarathon runner. *West J Med*. 1993;159:188-9.
- Irving RA, Noakes TD, Buck R, Smit R, Raine E, Odontlon J. Evaluation of renal function and fluid homeostasis during recovery from exercise-induced hyponatremia. *J Appl Physiol*. 1991;70:342-8.
- Wolfson AB. Acute hyponatremia in ultra-endurance athletes. *Am J Emerg Med*. 1995;13:116-7.
- Speedy DB, Noakes TD, Boswell T, Thompson JM, Rehrer N, Boswell DR. Response to a fluid load in athletes with a history of exercise induced hyponatremia. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33:1434-42.
- Marc RS, Douglas BM, Steven PVC. Manual of sports medicine. In: Ann C, Kristin JR, Jaime RS, editors. *Nutrition*. Lippincott-Raven Publishers; 1998. p. 155.
- Speedy DB, Faris JG, Hamlin M, Gallager PG, Campbell RG. Hyponatremia and weight changes in an ultradistance triathlon. *Clin J Sport Med*. 1997;7:180-4.
- Speedy DB, Noakes TD, Rogers IR, Thompson JM, Campbell RG, Kuttner JA. Hyponatremia in ultradistance triathletes. *Med Sci Sports Exerc*. 1999;31:809-15.
- O'Toole ML, Douglas PS, Laird RH, Hiller DB. Fluid and electrolyte status in athletes receiving medical care at an ultradistance triathlon. *Clin J Sport Med*. 1995; 5:116-22.
- Noakes TD. Fluid replacement during exercise. *Exerc Sport Sci Rev*. 1993;21: 297-330.
- Speedy DB, Campbell R, Mulligan G, Robinson DJ, Walker C, Gallagher G, et al. Weight changes and serum sodium concentrations after an ultradistance multisport triathlon. *Clin J Sport Med*. 1997;7:100-3.
- Carvalho T, Mara LS, Zunino JN, Carminatti L, Dacar M, Della Giustina M, et al. Análise crítica de estudo sobre alterações orgânicas agudas observadas em participantes de evento de ultraendurance. *Revista Brasileira de Medicina Esportiva*. 2003;9(Supl 1):S54.
- Medbo JI, Sejersted OM. Plasma potassium changes with high intensity exercise. *J Physiol*. 1990;421:105-22.
- Clausen T, Everts ME. K(+)-induced inhibition of contractile force in rat skeletal muscle: role of active Na(+)-K+ transport. *Am J Physiol*. 1991;261:C799-807.
- Lindinger MI, Heigenhauser GJ. The roles of ion fluxes in skeletal muscle fatigue. *Can J Physiol Pharmacol*. 1991;69:246-53.
- Jones DA, Bigland-Ritche B. Electrical and contractile changes in muscle fatigue. In: Saltin B, editors. *Biochemistry of exercise VI. International Series of Sport Sciences*, vol 16 Champaign: Human Kinetics Publishers; 1986. p. 377-92.
- Lindinger MI, Heigenhauser GJ, Mckelvie RS, Jones NL. Blood ion regulation during repeated maximal exercise and recovery in humans. *Am J Physiol*. 1992; 262:126-36.
- Sahlin K, Broberg S. Release of K+ from muscle during prolonged dynamic exercise. *Acta Physiol Scand*. 1989;136:293-4.
- Sjogaard G. Water and electrolyte fluxes during exercise and their relation to muscle fatigue. *Acta Physiol Scand Suppl*. 1986;556:129-36.
- Edwards RH. Human muscle function and fatigue. *Ciba Found Symp*. 1981;82:1-18.
- Milner-Brown HS, Miller RG. Muscle membrane excitation and impulse propagation velocity are reduced during muscle fatigue. *Muscle Nerve*. 1986;9:367-74.
- Costill DL, Cote R, Fink WJ. Dietary potassium and heavy exercise: effects on muscle water and electrolytes. *Am J Clin Nutr*. 1982;36:266-75.
- www.microsoft.com. Microsoft, Inc. Microsoft EXCEL. Version 97 SR-2. 1997.
- www.statsoft.com. StatSoft, Inc. STATISTICA (data analysis software system). Version 6. 2001.
- Dallam GM, Jonas S, Miller TK. Medical considerations in triathlon competition: recommendations for triathlon organizers, competitors and coaches. *Sports Med*. 2005;35(2):143-61.
- Jeukendrup AE, Jentjens RL, Mosele L. Nutritional considerations in triathlon. *Sports Med*. 2005;35(2):163-81.
- Hew-Butler TD, Sharwood K, Collins M, Speedy D, Noakes T. Sodium supplementation is not required to maintain serum sodium concentrations during an Ironman triathlon. *Br J Sports Med*. 2006Mar;40(3):255-9.
- Wharam PC, Speedy DB, Noakes TD, Thompson JM, Reid SA, Holtzhausen LM. NSAID use increases the risk of developing hyponatremia during an Ironman triathlon. *Med Sci Sports Exerc*. 2006Apr;38(4):618-22.
- Noakes TD, Sharwood K, Collins M, Perkins DR. The dipsomania of great distance: water intoxication in an Ironman triathlete. *Br J Sports Med*. 2004Aug; 38(4):E16.
- Laursen PB, Suriano R, Quod MJ, Lee H, Abbiss CR, Nosaka K. Core temperature and hydration status during an Ironman triathlon. *Br J Sports Med*. 2006Apr; 40(4):320-5.
- Sharwood KA, Collins M, Wilson G, Noakes TD. Weight changes, medical complications, and performance during an Ironman triathlon. *Br J Sports Med*. 2004Dec; 38(6):718-24.
- Carvalho T, Rodrigues T, Meyer F, Lancha Jr AH, De Rose EH, et al. Diretriz da Sociedade Brasileira de Medicina Esportiva. Modificações dietéticas, reposição hídrica, suplementos alimentares e drogas: comprovação de ação ergogênica e potenciais riscos para a saúde. *Rev Bras de Med Esporte*. 2003Mar/Abr;9:nº 2.