

Marco Aurélio Anunciação de Melo

Estado de Hidratação: Conceitos e Métodos de Avaliação

Belo Horizonte

Escola de Educação Física Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2010

Marco Aurélio Anuniação de Melo

Estado de Hidratação: Conceitos e Métodos de Avaliação

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Silami
Garcia

Co-Orientador: Prof. Esp. Emerson
Rodrigues Pereira

Belo Horizonte

Escola de Educação Física Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2010



Universidade Federal de Minas Gerais.
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.
Colegiado de Graduação em Educação Física.

A monografia intitulada **“Estado de Hidratação: Conceitos e Métodos de Avaliação”**, de autoria de Marco Aurélio Anunciação de Melo, Matrícula 2006011280, foi aprovada pelos seguintes professores:

Prof. Dr. Emerson Silami Garcia
Diretor da EEFETO/UFMG – Orientador

Prof. Esp. Emerson Rodrigues Pereira
PPGCE - EEFETO/UFMG – Co-orientador

Profa. Dr^a. Ivana Montadon Aleixo –
Professora da disciplina Seminário de TCC II

Profa. Dr^a. Ana Cláudia Porfírio Couto
Coordenadora do Colegiado de Graduação em Educação Física
EEFFTO/UFMG

Nota: _____

Conceito: _____

Belo Horizonte, 09 de Julho de 2010.
Avenida Carlos Luz, 4667 – Belo Horizonte, MG – 31310-250 – Brasil.

Dedicatória

Dedico esse trabalho a toda minha família, especialmente a minha irmã Ana Carolina, a todos que contribuíram com minha formação e principalmente a Deus, por tornar tudo isso possível.

Agradecimentos

Em primeiro lugar a Deus, por me dar toda condição necessária para realizar esse sonho. Aos meus pais, pelo amor e dedicação a minha formação. A toda minha família, pela presença constante em minha vida. A Débora, por todos os bons e maus momentos, me ajudando a crescer. Aos mestres e doutores que fizeram parte da minha caminhada acadêmica e contribuíram para a realização desse trabalho, mais uma etapa vencida! Com carinho especial ao Professor Emerson Silami, que confiou na minha capacidade de trabalhar e vontade de correr atrás de um sonho, que me supervisionou por grande parte dessa Graduação, culminando na orientação desse trabalho. Professor Emerson Rodrigues, meu co-orientador, por toda contribuição a esse trabalho e por todas as oportunidades que me deu de aprender com sua conduta invejável, de um profissional competente em busca do melhor, sempre. Meus colegas e amigos de Laboratório (LAFISE), pelas coletas de domingo, na chuva, pelas milhares de amostras de lactato, limpeza de sonda, entre outras tarefas, mas sem dúvida, onde tive grande oportunidade de adquirir conhecimento de maneira desafiadora; Alinets, Camila, Fusca, Arara, Tati, Velho Moita, Lino, Lima, Daniel, Christian, Bob, Gui, Adriano e minha amiga Renata, que tanto contribuiu nesse processo. Pessoal do Porão, Marrentos, EU+10 (Azeitona, Léo, Netinha, Bolinha, Paulinho, Vinny e meu parceiro de caminhada Marcelinho), No Dollars, BOPE, Cornetas e Glacial. Profissionais do Futebol, pessoas com as quais passei e passo a maior parte da minha vida, com quem aprendi e continuo aprendendo muito, o que não se aprende nos livros, muito menos em sala de aula. No PROESP, Paolucci; no Cruzeiro, Chico, Quintiliano, Pimenta, Matheus, Ronner, Charlinho, meu amigo Morandi, por toda aprendizagem, Zé Mário, Ivair, Oscar e Adílson, meu amigo Lucas Oaks e Chequini; no Contagem, Adáilton, Hoffmann e Neto. Enfim, pessoas com quem aprendi praticamente tudo que sei. Amigos que fiz no mundo da bola e espero tê-los assim pro resto da vida. A todos vocês, minha admiração e sinceros agradecimentos por toda contribuição, muito obrigado!

Epígrafe

“Eu quase que nada não sei. Mas desconfio de muita coisa.”

João Guimarães Rosa

RESUMO

Introdução: A água constitui de 50% a 60% da massa corporal de adultos, o que corresponde a aproximadamente 42 litros (L) em um indivíduo de 70 kg. Apesar de sua abundância, há uma necessidade de manter o conteúdo de água corporal dentro de limites estreitos e o corpo é muito menos capaz de lidar com a restrição do consumo de água do que com a restrição do consumo de alimentos. O consumo de líquidos é regulado pela sede e a ingestão de água como resposta a um *déficit* de líquidos, é essencial para a sobrevivência. Devido à necessidade da manutenção do estado de hidratação, torna-se necessária sua avaliação antes, durante e depois dos exercícios físicos. A avaliação do conteúdo da água corporal e da osmolalidade plasmática são considerados como métodos “padrão-ouro” para avaliação do estado de hidratação, porém existem outros métodos de análise que são mais práticos e apresentam menor custo para realização. **Objetivo:** Selecionar e apresentar resultados e conceitos presentes na literatura em relação à necessidade da hidratação durante o exercício e apresentar os principais métodos de análise do estado de hidratação. **Justificativa:** Diante das diversas formas de avaliação do estado de hidratação, é viável discorrer sobre seus diversos métodos, considerando seus benefícios e limitações. **Conclusão:** Não há um consenso nas discussões sobre as melhores estratégias de hidratação para o exercício. As análises da osmolalidade do plasma e das diferenças na massa corporal, provavelmente são as melhores e mais precisas formas de avaliação do estado de hidratação, no caso da impossibilidade de avaliar o conteúdo total da água corporal.

Palavras-chave: Hidratação, Exercício, Osmolalidade Plasmática.

ABSTRACT

Introduction: The water is 50% to 60% of adult body mass, which corresponds to approximately 42 liters (L) in a person 70 kg. Despite its abundance, there is a need to maintain the body water content within narrow limits and the body is much less capable of dealing with the restriction of water consumption than with the restriction of food intake. The fluid intake is regulated by thirst and water intake in response to a water deficit is essential for survival. Due to the necessity of maintaining hydration status, it becomes necessary its evaluation before, during and after exercise. The assessment of body water content and plasma osmolality are considered as methods "gold standard" for assessment of hydration status, but there are other methods of analysis that are more practical and have a lower cost to completion. **Purpose:** Select and present results and concepts presented in the literature regarding the need for hydration during exercise and present the main methods of analysis of hydration status. **Justification:** Given the various forms of assessment of hydration status, it is feasible to discuss their various methods, considering their advantages and limitations. **Conclusion:** There is a not consensus in discussions about the best hydration strategies for exercise. Analyses of plasma osmolality and differences in body mass are probably the best and most accurate ways to assess the state of hydration in the case of the impossibility of assessing the total body water content.

Key-words: Hydration, Exercise, Plasma Osmolality.

SUMÁRIO

1. Introdução	10
2. Objetivo	14
3. Justificativa	15
4. Revisão de Literatura	16
4.1 Hidratação e Exercício.....	16
4.1.1 Estratégias de Hidratação.....	18
4.1.2 Avaliação do estado de hidratação.....	21
4.2 Variações na massa corporal.....	22
4.3 Variáveis sanguíneas.....	24
4.3.1 Concentração de hematócritos, hemoglobina e variação do volume plasmático.....	24
4.3.2 Osmolalidade plasmática.....	26
4.4 Análises urinárias.....	27
4.4.1 Gravidade específica da urina.....	28
4.4.2 Osmolalidade urinária.....	29
5. Conclusão	32
Referências Bibliográficas	33

1. Introdução

A água constitui de 50% a 60% da massa corporal de adultos, o que corresponde a aproximadamente 42 litros (L) em um indivíduo de 70 kg. O gradiente osmótico existente entre os meios intra e extracelular é o grande responsável pela troca de água entre esses compartimentos (MAUGHAN, 2003).

Apesar de sua abundância, há uma necessidade de manter o conteúdo de água corporal dentro de limites estreitos e o corpo é muito menos capaz de lidar com a restrição do consumo de água do que com a restrição do consumo de alimentos (MAUGHAN, 2003). De acordo com McKinley *et al.* (2004) a quantidade de líquido ingerido normalmente varia a cada dia e depende de alguns aspectos, como atividade física, condições ambientais e hábitos alimentares, de forma que o consumo está relacionado a vários fatores tais como hábito, costumes, rituais sociais, doenças e sensação de boca seca.

Por outro lado, a quantidade de água perdida pelo corpo varia muito e ocorre através de diferentes vias, sendo principalmente pela urina (\pm 1400 mL), fezes (200 mL), respiração (400 mL), suor (500 mL) totalizando aproximadamente uma perda de 2500 mL diariamente, variando individualmente e dependendo das condições ambientais (MAUGHAN, 2003). Durante o exercício de longa duração, apenas 25% da energia produzida pelo metabolismo é utilizada pelo movimento e aproximadamente 75% ocorre em forma de calor (NOAKES, 2003), o que aumenta a temperatura corporal. Diante disso, nosso organismo recorre aos processos termorregulatórios: condução, radiação, convecção e evaporação na tentativa do corpo dissipar o calor.

A evaporação do suor consiste no principal mecanismo para o resfriamento corporal e por isso atletas são estimulados a ingerir líquido antes e durante o exercício para assegurar a disponibilidade destes para a evaporação e para suprir as necessidades dos tecidos corporais (NOAKES, 2003), mantendo a homeostase e atenuando a elevação da temperatura interna (CASA *et al.*, 2000). A perda de suor pode causar a perda de grandes volumes de água e eletrólitos (MAUGHAN, 2003), e de acordo com Casa *et al.* (2000) esse processo está relacionado diretamente à intensidade do exercício, estado de aclimatação, vestimenta e estado de hidratação basal.

O consumo de líquidos é regulado pela sede e a ingestão de água como resposta a um *déficit* de líquidos é essencial para a sobrevivência. Assim, vários mecanismos neurais e hormonais evoluíram para assegurar o mecanismo da sede e a motivação para ingestão de líquidos (McKINLEY *et al.*, 2004). Existe a sugestão de que a ingestão de líquido deve ser “programada” de forma que os volumes de água a serem ingeridos devem ser em determinados momentos, sendo estes fixos, no entanto, estes valores podem ser demasiadamente altos. De acordo com Casa *et al.* (2000), quando os indivíduos seguem os protocolos de hidratação evita-se começar a atividade hipohidratado.

Por outro lado, considerando as discussões atuais sobre os possíveis riscos relacionados ao excesso de hidratação durante o exercício, alguns autores têm defendido a efetividade da ingestão de líquidos de acordo com a sede, isto é, ingestão de líquidos voluntária, como estratégia segura de reposição de fluidos (MACHADO-MOREIRA *et al.*, 2006).

Devido à necessidade da manutenção do estado de hidratação, torna-se necessária a sua avaliação antes, durante e depois dos exercícios físicos, principalmente quando estes têm longa duração e são realizados em condições climáticas desfavoráveis à prática do exercício. Praticantes de atividades físicas e principalmente os atletas necessitam de métodos práticos, precisos e seguros para avaliar o estado de hidratação em situações de campo (BAKER *et al.*, 2009), no entanto, esses métodos variam de acordo com as limitações metodológicas, circunstâncias para avaliação, facilidade para acessar as amostras, custo financeiro para aplicação e capacidade para detectar pequenas mudanças no estado de hidratação (OPPLIGER e BARTOK, 2002; SAWKA *et al.*, 2005).

De acordo com Cheuvront e Sawka (2005), a urina é uma solução de água com outras substâncias que são excretadas e com a desidratação, há a redução no volume urinário, aumentando a sua concentração, sendo isso associado à desidratação. No entanto, as análises urinárias podem não identificar de maneira confiável as variações no estado de hidratação aguda (POPOWSKY *et al.*, 2001; SHIRREFFS e MAUGHAN, 1998), e ainda assim são muito utilizadas principalmente pela facilidade na obtenção de amostras e praticidade na análise (CHEUVRONT e SAWKA, 2005).

A avaliação do conteúdo da água corporal e da osmolalidade plasmática são considerados como métodos “padrão-ouro” para avaliação do estado de hidratação

(CHEUVRONT e SAWKA, 2005; POPOWSKY *et al.*, 2001). Além disso, a osmolalidade do plasma estaria diretamente relacionada com o controle da sede (HEW-BUTLER *et al.*, 2007) e com a secreção do hormônio arginina-vasopressina (LEJEMTEL e SERRANO, 2006; FIGARO *et al.*, 1997).

Apesar disso, devido à dificuldade de obtenção de amostras sanguíneas em coletas de campo, muitos estudos optam por não utilizar essas análises (CHEUVRONT e SAWKA, 2005), recorrendo assim às variáveis urinárias que são de mais fácil obtenção, além das diferenças da massa corporal em decorrência do exercício.

Knechtle *et al.* (2009), observaram que em 120 km de ciclismo, os indivíduos apresentavam redução na concentração de sódio plasmático, sugerindo o estado de euhidratação, mesmo com a redução da massa corporal (1,9%) e aumento da gravidade específica da urina (GEU), o que é um indício de desidratação. De acordo com Hamouti *et al.* (2010) e Shirreffs e Maughan (1998), as análises urinárias podem ocasionar em uma interpretação errônea do estado de hidratação, em decorrência da sua baixa especificidade, podendo ter relação com a composição corporal dos indivíduos e ainda com diferenças culturais (MANZI *et al.* 2003).

A prática de exercício prolongado, especialmente em ambientes quentes, pode resultar na perda de vários litros de suor em um único dia, podendo resultar em uma perda substancial da água corporal, potencializando efeitos adversos no desempenho e aumentando o risco de doenças relacionadas ao calor (MAUGHAN, 2003). Assim, a combinação da sudorese aumentada com a hidratação inadequada impõe um sério risco de hipertermia (FORTNEY *et al.*, 1984), o que, segundo McConell *et al.* (1997), tem relação direta com alterações cardiovasculares, termorregulatórias e o desempenho no exercício.

Diante disso, observa-se a importância da reposição hídrica durante o exercício prolongado, sendo que o consumo de líquidos nessa situação pode atenuar a redução do volume plasmático fazendo com que a frequência cardíaca não aumente subitamente para manutenção do débito cardíaco (GONZÁLEZ-ALONSO *et al.*, 1995). Além disso, a hidratação adequada possibilita a atenuação da percepção subjetiva de esforço (PSE) (BORG, 1982), da temperatura interna (NOAKES, 1993) e a atenuação do aumento da osmolalidade plasmática (NOAKES, 2007), sendo considerado ainda como o meio mais prático na prevenção da

desidratação e manutenção do desempenho (MUNDEL *et al.*, 2006; KAY *et al.*, 2001).

2. Objetivo

Objetivo do presente estudo é selecionar e apresentar resultados e conceitos presentes na literatura em relação à necessidade da hidratação durante o exercício, além de apresentar os principais métodos de análise do estado de hidratação.

3. Justificativa

Diante das diversas formas de avaliação do estado de hidratação, é viável discorrer sobre seus diversos métodos, considerando seus benefícios e limitações.

4. Revisão de literatura

4.1. Hidratação e exercício

A água é sem dúvida a molécula mais abundante no corpo de todos os animais e manter um nível adequado de água no corpo é essencial para sobrevivência (McKINLEY *et al.*, 2004). Apesar de um homem de 70 kg apresentar em média 42 litros de água corporal (MAUGHAN, 2003), um pequeno déficit de água durante o exercício pode prejudicar o desempenho e uma perda um pouco maior trará sintomas de cansaço, dor de cabeça e mal estar. Caso a perda chegue a 10-15% da massa corporal, o que corresponde a 20-30% do conteúdo total de água corporal, pode ocasionar na morte do indivíduo (MAUGHAN, 2003).

De acordo com Maughan (2003) a prática de exercício prolongado principalmente em ambientes quentes resulta na perda significativa de água pelo corpo potencializando o surgimento de estresses fisiológicos relacionadas ao calor, como por exemplo, a desidratação e conseqüente hipertermia.

Um atleta em um treinamento intenso com uma alta temperatura ambiental pode perder vários litros de suor em um único dia, podendo chegar ao extremo de 10 a 12 litros, o que equivale a cerca de 25% do conteúdo de água de um homem de porte médio (MAUGHAN, 2003). Essa perda da água principalmente pelo suor durante o exercício aumenta a osmolalidade plasmática, pelo fato do suor ser hipotônico em relação ao plasma (SAWKA e CHEUVRONT, 2005).

Considerando a impossibilidade de se evitar a perda de grandes volumes de líquido pelo suor em atividades com grande demanda energética deve haver ênfase nas estratégias de ingestão de líquidos para proteger a integridade física dos indivíduos (MAUGHAN, 2003). Diante disso, observamos a necessidade da ingestão adequada de líquidos durante exercícios de longa duração de forma a atenuar o processo de desidratação ocasionado pela atividade física.

A desidratação é o processo de perda de água corporal sem a sua reposição adequada ao passo que a rehidratação é a reposição dessa água (SHIRREFFS, 2003) devendo ser considerado como euhidratado, o indivíduo que tenha o conteúdo

“normal” da água corporal e hipohidratado e hiperhidratado, o indivíduo que está em débito ou com excesso de água corporal respectivamente (ACSM, 2007).

Praticantes de atividades físicas estão sujeitos à desidratação por estarem expostos a vários fatores que influenciam a perda de água pelo suor como: duração e intensidade do exercício, condições ambientais, tipo de vestimenta e equipamento utilizado (ACSM, 2007). A desidratação pode ainda ser agravada caso a atividade física seja realizada de forma prolongada e especialmente em um clima quente, exigindo um maior consumo de água para substituir as perdas de líquido pelo suor (McKINLEY *et al.*, 2004).

De acordo com Montain e Coyle (1992) é possível que a ingestão de fluidos durante o exercício promova um alto fluxo sanguíneo para a pele, atenuando a elevação da temperatura interna, da osmolalidade plasmática, concentração de sódio e de outras substâncias que são influenciadas pelo estado de hidratação. De acordo com Gonzalez-Alonso *et al.* (1999), a elevação da temperatura interna é um dos fatores principais para interrupção do exercício quando esta alcança valores considerados críticos.

Assim, é necessário que o indivíduo faça ingestão de líquidos antes das atividades físicas para que possa iniciar o exercício hidratado e com nível plasmático de eritrócitos considerado normal, sendo ainda uma forma de prevenir a desidratação excessiva, evitando mudanças exageradas no balanço hidroeletrolítico e comprometimento do desempenho no exercício (ACSM, 2007).

Segundo Daries *et al.* (2000), valores de desidratação <2% da massa corporal (MC) já são suficientes para prejudicar o desempenho no exercício. Para Cheuvront *et al.* (2003), isso está relacionado com aumento do estresse cardiovascular e térmico, alterações das funções do sistema nervoso central e também funções metabólicas. Nesse contexto, o consumo inadequado de líquidos pode provocar desidratação, que em altos índices pode ocasionar em conseqüências como colapso respiratório, choque hipertérmico e até mesmo à morte (McKINLEY *et al.*, 2004).

Marino *et al.* (2004), verificaram que a restrição de líquidos durante o exercício fez com que a temperatura retal aumentasse mais rapidamente e proporcionou uma menor tolerância ao esforço. Nesse estudo, os indivíduos realizaram 40 minutos de exercício preparatório, seguido de intensidade fixa (70% da potência máxima) até a fadiga. Cheuvront *et al.* (2003) realizaram um estudo de revisão no qual observaram que de 13 trabalhos avaliados, 10 deles mostraram

melhora no desempenho quando ingeriram algum tipo de líquido durante o exercício comparando com os que nada ingeriram, sendo que nos outros três que não mostraram diferença, os exercícios foram realizados em ambientes temperados e apresentavam curta duração.

Nesse contexto, parece que os benefícios da hidratação são exacerbados em exercícios de longa duração e com menor amplitude em exercícios de curta duração (ROBINSON *et al.*, 1995; McCONNELL *et al.*, 1999; CHEUVRONT *et al.*, 2003) e para que a reposição hídrica seja feita de maneira eficiente é necessário que alguns fatores sejam considerados, dentre eles, o tipo, a temperatura e o volume do líquido ingerido, assim como a frequência de ingestão, a velocidade de esvaziamento gástrico e da taxa de absorção intestinal (ACSM, 2007).

4.1.1 Estratégias de Hidratação

Diante do exposto acima, observa-se a importância da reposição hídrica durante o exercício prolongado, sendo que o consumo de líquidos nessa situação pode atenuar a redução do volume plasmático fazendo com que a frequência cardíaca não aumente subitamente para manutenção do débito cardíaco (GONZÁLEZ-ALONSO *et al.*, 1995). Nesse contexto, para evitar ou retardar o processo de desidratação, é necessário que o indivíduo comece o exercício no estado eu hidratado e que faça a ingestão de líquidos durante o exercício para repor as perdas ocasionadas pelo suor (OSTEBERG *et al.*, 2009).

Na tentativa de minimizar os efeitos negativos da perda de água pelo suor, treinadores e praticantes de atividades físicas buscam estratégias para manter o estado de hidratação durante o exercício. Nas últimas décadas, tem sido discutido se existe um padrão ideal de hidratação, no que diz respeito à frequência e quantidade de líquido a ser ingerido durante o exercício, sendo que, segundo o ACSM (2007), vários fatores podem influenciar o consumo de líquido durante o exercício, tais como: o tipo de bebida, temperatura, taxa de absorção intestinal e esvaziamento gástrico.

Normalmente, atletas de *endurance* começam a atividade eu hidratados e se desidratam no decorrer do exercício (CHEUVRONT *et al.*, 2003). Assim, indivíduos

recorrem a diferentes alternativas para manter o estado de hidratação, seja ingerindo água ou bebidas isotônicas antes e durante o exercício além da hiperhidratação antes da atividade física.

Com o intuito de atenuar o processo de desidratação foram criadas diretrizes para reposição de fluidos (COYLE, 2004), sendo que estas sugerem que a reposição de líquidos durante o exercício deve ocorrer com volumes fixados previamente conforme o tempo de exercício e com intervalos pré-determinados. No entanto, Noakes (2007) questiona a validade desses protocolos, baseado justamente na falta de evidências científicas consistentes de que esse método seria o mais eficiente.

Reconhecidas instituições internacionais esportivas (NATA, 2000; ACSM, 2007), sugerem que o consumo de líquidos antes e durante o exercício deve ocorrer de maneira planejada e assim provavelmente praticamente toda a perda hídrica ocorrida durante o exercício será repostada. Essas instituições sugerem que assim o nível de desidratação ocorrido durante o exercício não ultrapassam 2% da massa corporal evitando ainda o comprometimento no desempenho.

Em uma pesquisa desenvolvida por Kay e Marino (2003), foi testada a hipótese de que a ingestão de líquidos atenuaria o estresse termorregulatório promovendo a melhora no rendimento durante a realização de 60 minutos de ciclismo com intensidade auto-regulada em dois tipos de ambientes (quente = 33°C e temperado = 20°C). Como resultado, a distância total pedalada e a temperatura retal não foram alteradas pelas condições ambientais e nem pela reposição de 100% das perdas hídricas quando comparada a situação sem ingestão de água. Dessa forma, nessas condições, a reposição plena de água não ofereceu vantagem termorregulatória e no desempenho durante esse tipo de exercício, independente das condições ambientais.

Dugas *et al.* (2008) avaliaram os efeitos de seis diferentes volumes de líquidos no desempenho de ciclistas submetidos a 80 km de ciclismo contra-relógio no calor sendo que a primeira das situações aconteceu com ingestão *ad libitum* (AL) e as demais calculadas a partir do valor de desidratação observado em AL. Os valores de reposição corresponderam a 0% (0), 33% (33), 66% (66), 100% (100) da massa corporal perdida, calculada em um teste de familiarização com água AL. Além disso, foi realizada uma outra situação na qual havia apenas o “bochechamento” de água sem a ingestão (WET). Os autores observaram a ausência dos efeitos do tratamento ($p > 0,05$) para as variáveis termorregulatórias e

de desempenho apesar da maior potência desenvolvida nas situações AL, 66 e 100 quando comparada comparado a WET, 0 e 33. Os autores concluíram que beber mais do que o volume consumido *ad libitum* não implica em nenhuma vantagem ergogênica. Porém, como o estudo apresentou um baixo valor amostral (n=6), favoreceu o surgimento do erro tipo II e assim dificultou o aparecimento de diferenças estatísticas entre os grupos.

Backx *et al.* (2003) investigaram os efeitos do volume ingerido de líquidos durante exercício contra-relógio de 60 minutos em ambiente temperado (20°C e 70% URA). Durante a familiarização, os voluntários ingeriram bebida carboidratada *ad libitum* em períodos regulares (15-20 min, 30-35 min, e 45-50 min). Em seguida, em ordem aleatória, os sujeitos realizaram uma das situações experimentais consumindo muito - HF (300 mL), moderado – MF (150 mL) e pouco líquido - LF (40 mL) nos mesmos momentos da familiarização. Não foram encontradas diferenças no desempenho e nas demais variáveis (frequência cardíaca e massa corporal perdida) entre HF, MF e LF. Entretanto, a sensação de plenitude gástrica nos últimos 30 minutos de exercício foi maior quando mais líquido foi consumido (HF), comparado às situações MF e LF. Além disso, relatos de náuseas e desconforto gástrico foram reportados na situação HF.

De acordo com Noakes (2003), consumir líquidos além do volume *ad libitum*, não apresenta melhora no desempenho e ainda pode superestimar a real capacidade do consumo individual. Em casos extremos, o consumo excessivo de líquidos pode diluir o meio extracelular do sangue, e como consequência provocar um quadro conhecido como hiponatremia dilucional (níveis de sódio abaixo da normalidade) (O'BRIEN *et al.*, 2001; GARDNER, 2002, NOAKES, 2003).

Com uma amplitude menor, a ingestão sistematizada pode causar desconforto gástrico, náuseas, vômitos e em casos mais graves, até mesmo morte (NOAKES, 1993). Baseando-se nessas discussões sobre os possíveis riscos relacionados à hiperidratação durante o exercício, alguns autores têm defendido a efetividade da reposição hídrica de acordo com a sede como estratégia segura e suficiente de hidratação (MACHADO-MOREIRA *et al.*, 2006; NOAKES, 2007b). Segundo esses autores, o mecanismo da sede é considerado como parte do processo evolutivo do ser humano, o qual desenvolveu ao longo do tempo formas diferenciadas e perfeitamente integradas para regular o volume e a osmolalidade plasmática, assim como sua temperatura corporal.

Logo, o sistema nervoso central seria capaz de indicar corretamente o volume de fluidos a ser ingerido, a partir das informações por ele integradas sobre todas as demandas do organismo. De acordo com Kavouras (2002), a sede pode ser considerada como um mecanismo de emergência para a manutenção do equilíbrio de fluidos, sendo controlada pela osmolalidade do plasma e pelo volume plasmático.

Para os críticos desse modelo, a reposição hídrica guiada pelo mecanismo da sede só seria válida nas situações de repouso, pois durante a atividade física os seres humanos repõem voluntariamente menos líquidos do que perdem, ocorrendo assim uma “desidratação voluntária”. Outros autores preferem chamar este fenômeno de “desidratação involuntária”, já que as pessoas não diminuem a taxa de ingestão de água “voluntariamente” (GREENLEAF *et al.*, 1983).

Um dos benefícios da ingestão de água durante o exercício é a atenuação da elevação da temperatura interna (HAMILTON *et al.*, 1991; BELOW *et al.*, 1995) o que segundo Gonzalez-Alonso *et al.* (1999) é um dos fatores principais para interrupção do exercício quando esta alcança valores considerados críticos. Assim, é necessário que o indivíduo faça ingestão de líquidos antes das atividades físicas para que possa iniciar o exercício hidratado e com nível plasmático de eritrócitos considerado normal (ACSM, 2007). Adicionalmente, é uma forma de prevenir a desidratação excessiva, evitando mudanças exageradas no balanço hidroeletrólítico e comprometimento do desempenho no exercício (ACSM, 2007).

4.1.2 Avaliação do estado de hidratação

Considerado o estado de hidratação como um fator determinante para a prática de atividades físicas, a sua avaliação é fundamental para evitar problemas de saúde relacionados à desidratação (MACHADO-MOREIRA, 2006).

Historicamente, são utilizadas várias formas de se analisar o estado de hidratação, seja através de métodos invasivos e não invasivos. Na década de 1970, pesquisadores dividiram os testes para essa análise em três categorias: testes laboratoriais, medidas objetivas e não invasivas, além das informações subjetivas (SHIRREFFS, 2003). No entanto é necessário ressaltar que todos os métodos têm

suas vantagens e desvantagens, existindo então métodos mais precisos e outros mais práticos para essa análise.

Seguem as três categorias:

Testes laboratoriais: análise da osmolalidade do soro e concentração de sódio sérica, concentração de uréia no sangue, análise de hematócritos e osmolalidade da urina.

Medidas não invasivas: variáveis, como massa corporal, análise de sinais vitais, como temperatura, frequência cardíaca e frequência respiratória.

Informações subjetivas: sede, turgor da pele e umidade da mucosa da membrana (boca, nariz e garganta).

Os pesquisadores concluíram que embora as análises subjetivas fossem as menos precisas, estas eram mais simples, rápidas e mais econômicas. (SHIRREFFS, 2003).

De acordo com Sawka e Cheuvront (2005), a osmolalidade do plasma e a avaliação da água corporal total são os melhores preditores de avaliação da hidratação. No entanto, esses considerados “padrões ouro” são eficientes para a medicina esportiva ou para estabelecer critérios de referências, mas exigem considerável controle metodológico, custo e experiência nas análises. Diante disso, não são práticas para utilização no dia-a-dia durante treinamentos e competições.

4.2 Variações na massa corporal

A técnica de diluição isótopa é considerada a forma mais precisa para medir as alterações do conteúdo total da água corporal (ARMSTRONG, 2007), no entanto, tem um alto custo e a análise demanda muito tempo, sendo inviável a sua utilização na maioria das situações de campo e laboratoriais (BARKER *et al.*, 2009). Diante disso, frequentemente assume-se que mudanças agudas na massa corporal em curto período de tempo ocorrem devido a perdas ou ganho de água pelo corpo (SHIRREFFS, 2003). Considerando que a perda de 01 mL de suor equivale a redução de 01 grama na massa corporal (ACSM, 2007), possibilita-se a utilização

das mudanças na massa corporal como medida para quantificar a quantidade de água perdida durante o exercício.

A literatura sugere que esse é principal método para quantificar a perda de líquidos corporais (SHIRREFFS, 2003), sendo capaz de avaliar de forma não invasiva o estado de hidratação, por estimar a perda de água corporal em decorrência da atividade física (ACSM, 2007). De acordo com Comitê Olímpico Internacional (COI) (2004)¹, alguma redução da massa corporal (<2%) é tolerável durante o exercício prolongado, no entanto, o ACSM (2007) estabelece que a redução de 1% da massa corporal ocasionado pelo exercício é um indicativo de hipohidratação, podendo comprometer o desempenho quando as perdas atingem 2% e, em níveis mais elevados, aumentar o risco de aparecimento das doenças relacionadas ao calor (ACSM, 2007; NATA, 2000; COYLE, 2004).

Desidratação de 1 a 2% da massa corporal pode começar a comprometer as funções fisiológicas e ter uma influência negativa com desempenho (CASA *et al.*, 2000). Um estudo realizado por Costill e Sparks (1973) mostrou que a frequência cardíaca aumentou significativamente durante o exercício quando houve redução da massa corporal acima de 1,5% em relação à situação controle (euhidratado).

Armstrong *et al.* (1985) utilizaram um fármaco diurético no intuito de desidratar passivamente os indivíduos até -2% da massa corporal. Em seguida, os voluntários foram submetidos à corrida com diferentes distâncias: 1500, 5000 e 10000 metros, e os resultados comparados com o estado de euhidratação. Os resultados mostraram o decréscimo no desempenho em virtude da desidratação em todos os estímulos, sendo que quanto maior a distância percorrida, pior o desempenho dos indivíduos em relação à situação controle.

De acordo com Casa *et al.* (2000), quando o nível de desidratação é maior que 3% do peso corporal, pode comprometer as funções fisiológicas e aumentar o risco de doenças relacionadas ao calor como: câimbras, esgotamento pelo calor e insolação. Segundo esses autores, esse nível de desidratação é comum dentro de jogos esportivos e pode ocorrer mesmo dentro de uma hora de exercício ou até mesmo antes disso caso o atleta começa o exercício desidratado.

¹ INTERNATIONAL OLYMPIC COMMITTEE (2004). IOC consensus statement on sports nutrition 2003. **Journal of Sports Sciences**, v.22, n.1, x, 2004.

Apesar da utilização em massa da avaliação do estado de hidratação através da diferença do peso corporal em provas muito longas, o método não parece tão preciso. Knechtle *et al.* (2009) verificaram o estado de hidratação de atletas em 120 km de ciclismo e identificaram uma redução de 1,9% na massa corporal além do aumento da gravidade específica da urina, no entanto, esses autores observaram o aumento do volume plasmático e redução do sódio no plasma. Esses autores sugerem que houve redução da massa muscular em decorrência do exercício uma vez que a concentração de uréia foi aumentada ao final da prova. Dessa forma, a redução da massa corporal pode ter ocorrido em virtude da perda muscular e não somente de líquidos durante o exercício, sendo o mesmo observado por Speedy *et al.* (2001), que identificaram o estado de euhidratação em atletas após uma prova de *ironman*, mesmo com redução de 2,5% da massa corporal.

Por sua vez, Hew-Butler *et al.* (2007), avaliaram o estado de hidratação em triatletas em prova de *Ironman* e observaram que apesar da redução significativa da massa corporal (3,8%) no decorrer da prova, o volume plasmático e a concentração de sódio do plasma foram mantidos. Considerando que a concentração de sódio é utilizada para estimar as alterações na osmolalidade plasmática (padrão ouro), os autores declararam que os indivíduos terminaram a prova euhidratados e sugerem precaução na utilização das alterações da massa corporal como critério de desidratação.

4.3 Variáveis sanguíneas

4.3.1 Concentração de hematócritos, hemoglobina e variação do volume plasmático

Apesar de já ter sido observado que em maratonistas o volume plasmático reduz em média 6,5% nos primeiros 6 km de uma maratona e depois disso permanece inalterado (MYHRE *et al.*, 1985), Sawka e Cheuvront (2005) sugerem que este decresce proporcionalmente ao nível de desidratação, sendo ocasionado pela perda de líquidos ocorrida pelo suor.

Coletas de sangue para subseqüente análises têm sido utilizadas em pesquisas científicas com o objetivo de analisar o estado de hidratação, tais como hemoglobina e percentual (%) de hematócritos para o cálculo da variação do volume plasmático. Segundo Oppliger (2005), apesar de mudanças no volume plasmático serem eficientes para avaliar o estado de hidratação dos indivíduos, esses autores sugerem a utilização de mais de um parâmetro de avaliação.

De acordo com Stein *et al.* (1949), o aumento da concentração de hematócritos pode ser associado à redução do volume plasmático, sendo que os pesquisadores assumiram que as alterações do % de hematócritos ocorriam com igual magnitude em relação à redução do volume plasmático. Além disso, Dill e Costill (1974) sugerem que mudanças no volume sanguíneo e no volume plasmático podem ser calculadas a partir da mensuração de hemoglobina.

O volume plasmático circulante consiste-se em todo o líquido do espaço vascular, retirando-se as células sanguíneas vermelhas (HEW-BUTLER *et al.*, 2007) e a redução do volume de fluidos corporal é associado com a diminuição do volume plasmático, fato esse que pode resultar em impactos negativos na função cardiovascular (GONZALEZ-ALONSO *et al.*, 1997). Portanto, sua manutenção torna-se necessária para a manutenção da homeostase.

Um estudo realizado por Daries *et al.* (2000) mostrou que o volume plasmático reduziu 6% nos primeiros 15 minutos de exercício, no entanto, durante o restante da corrida (105 minutos) reduziu apenas 2%. Nesse protocolo, os indivíduos passavam por condições experimentais nas quais ingeriam bebida carboidratada *ad libitum* (de acordo com a sede do voluntário) ou de forma programada, durante 2 horas de corrida em esteira. Os autores relataram ainda não terem observado diferenças comparando as condições de ingestão de fluidos *ad libitum* com outra situação, na qual os indivíduos recebiam água de acordo com um protocolo de hidratação (programada).

Em pesquisa desenvolvida com corredores em prova de 21 km, Lippi *et al.* (2008a) e Lippi *et al.* (2008b) observaram uma redução de $8,0 \pm 1,0$ % e $7,6 \pm 0,9$ % no volume plasmático comparando antes e após a corrida, no entanto, Speedy *et al.* (2001) identificaram a elevação de 10% no volume plasmático em decorrência de uma prova de *Iroman* e verificaram ainda que ao final da prova os indivíduos estavam hipohidratados. No entanto, no estudo de Speedy *et al.* (2001) a taxa de

ingestão de líquidos (0,72 L/h) foi maior em relação ao estudo de Lippi *et al.* (2008) (0,45L/h), o que pode ter ocasionado as diferenças encontradas entre os estudos.

4.3.2 Osmolalidade plasmática

A água move-se livremente entre o espaço intracelular e extracelular sendo deslocada de áreas de menor para a de maior concentração de solutos de forma a alcançar o equilíbrio osmótico (HEW-BUTLER *et al.* 2007).

A combinação do estresse térmico ambiental com a desidratação induzida pelo exercício pode ter como respostas diretas à diminuição do volume plasmático e o aumento da osmolalidade do plasma (GONZÁLEZ-ALONSO, 1998; SALTMARSH, 2001). Dessa forma, a osmolalidade plasmática aumenta quando a perda de água induz à desidratação sendo a água hipotônica em relação ao plasma. Em casos de hipohidratação espera-se então um aumento da osmolalidade, o que pode ocorrer por perda de água pelo suor, diarreia ou pela produção de urina (SHIRREFFS, 2003).

De acordo com Kavouras (2002), assim como a variação do volume plasmático, as alterações na osmolalidade do plasma é um fator de controle da sede e a ingestão de líquido também ocorre como resposta para o *déficit* de fluidos em qualquer um dos compartimentos, seja intra ou extracelular (MCKINLEY *et al.*, 2004).

A osmolalidade plasmática é o principal método de avaliação do estado de hidratação em situações laboratoriais, nas quais uma maior precisão na medida é exigida (POPOWSKI *et al.*, 2001). Armstrong *et al.* (1994) consideram esse método como o mais sensível a mudanças agudas do estado de hidratação comparado com outros marcadores como a gravidade específica e osmolalidade da urina.

Considerando a osmolalidade plasmática como um dos mecanismos de controle da ingestão de líquidos, elevações de 05 a 10 mOsmol/kgH₂O são suficientes para estimular o mecanismo da sede, sendo que quando os valores da osmolalidade plasmática ficam abaixo de 280 mOsmol/kgH₂O, ocorrem estímulos para excreção urinária e assim o corpo tende a manter os valores fisiológicos

considerados normais que são entre 280 a 295 mOsmol/kgH₂O (HEW-BUTLER *et al.*, 2007). De acordo com Costill e Sparks (1973) o aumento da produção de urina resultante da redução da osmolalidade provavelmente é regulado pelos osmorreceptores do hormônio arginina vasopressina (AVP).

Baker *et al.* (2009) mostraram alta e significativa correlação entre as alterações do conteúdo de água corporal (técnica de diluição isótopa) com alterações da massa corporal total (0,77 $p < 0,05$), e ainda desse último a osmolalidade plasmática (0,68 $p < 0,05$). Por sua vez, Popowski *et al.* (2001) declaram que a osmolalidade plasmática é melhor forma de avaliação do estado de hidratação, sendo que sob condições bem controladas a osmolalidade do plasma aumenta aproximadamente 05 mOsmol/kg a cada 2% de perda do peso corporal pelo suor, sugerindo que a osmolalidade do plasma é capaz de medir com precisão mudanças modestas do estado de hidratação aguda (POPOWSKY *et al.*, 2001).

Em pesquisa realizada por nosso laboratório (dados não publicados), foi observado que indivíduos submetidos a 21,1 km de corrida têm a osmolalidade plasmática aumentada de 288 ± 04 mOsm/kgH₂O (Pré-Exercício) para 296 ± 06 mOsm/kgH₂O (Pós-Exercício) ($p < 0,05$) e redução de 2,7% da massa corporal durante a corrida e portando encerram a prova hipohidratados, mesmo com fornecimento de água em 7 postos de hidratação no decorrer da mesma.

4.4 Análises urinárias

Devido à dificuldade de coletar amostras sanguíneas para análise do estado de hidratação, as análises urinárias surgem como uma alternativa em coletas de campo e devido à sua característica não invasiva, e estas têm sido utilizadas em vários estudos como marcadores do estado de hidratação (SU *et al.*, 2006; KNECHTLE *et al.*, 2009). Popowski *et al.* (2001) sugerem que os parâmetros urinários surgem como uma boa alternativa para coletas realizadas fora do laboratório justamente pela maior facilidade de obtenção de amostras de urina em relação às sanguíneas.

4.4.1 Gravidade específica da urina

Assim como a redução da massa corporal, o aumento da gravidade específica da urina pode indicar estado de desidratação (KNECHTLE *et al.*, 2009) e é considerado um bom método não-invasivo para essa análise (ARMSTRONG *et al.*, 1998), sendo usado para identificar estado de hidratação em atletas (FRANCESCONI *et al.*, 1987; SHIRREFFS e MAUGHAN, 1998) e indivíduos fisicamente ativos (BARTOK *et al.* 2004).

Existem sugestões de diferentes valores da GEU para caracterização do estado de hidratação. Dentre estas, temos a proposta por Armstrong (1994), na qual se considera hipohidratado o indivíduo com valores superiores a 1029 g/mL, euhidratado 1013 e 1029 g/mL e hiperhidratado com valores inferiores a 1013 g/mL. No entanto, outros autores assumem o limite da gravidade específica da urina em 1020 g/mL para a classificação do estado de euhidratação (CASA *et al.* 2000; ACSM, 2007).

Alguns autores consideram a GEU como uma variável bastante sensível para avaliar a perda de água ocasionada pelo exercício realizado no calor (ARMSTRONG *et al.* 1998; OPPLIGER *et al.*, 2005). Nestes estudos, a gravidade específica da urina aumentou paralelamente com o aumento da osmolalidade sérica quando a desidratação ultrapassou 1% da massa corporal. No entanto, estudo realizado por Popowsky *et al.* (2001) mostrou que a GEU não foi alterada até a perda de massa corporal atingir 3%, sendo que seus valores mudaram significativamente dos números basais para 3% e 5% de desidratação avaliada pela massa corporal. Segundo esses autores, a ingestão de líquidos pode produzir uma amostra de urina que não reflita o estado temporal de hidratação. Isso se justifica pelo fato de que o rim pode filtrar o líquido consumido próximo ao teste. Assim, um atleta ligeiramente desidratado que consumisse água e realizasse o teste em seguida poderia indicar erroneamente o estado de hidratação (POPOWSKY *et al.*, 2001).

Por outro lado, o ACSM (2007) sugere que pode ocorrer que alguns atletas sejam classificados como hipohidratados com GEU em 1020 enquanto a osmolalidade sérica destes indicam estado de euhidratação ($<290 \text{ mOsmol.kg}^{-1} \cdot \text{H}_2\text{O}$). Esta condição de baixa especificidade da GEU para identificar

hipohidratação pode ocasionar em uma interpretação falso-positiva (HAMOUNTI *et al.*, 2010).

Em estudo realizado por Oppliger *et al.* (2005), foi observada a incidência de 69% de identificação falso-positiva em análise da GEU em um grupo de homens lutadores. Em contraste, Popowski *et al.* (2001) observaram apenas 8% de falso-positivos em análise da GEU nas amostras pré-exercício de um grupo de atletas de *endurance*.

Com a sugestão de que a composição corporal dos indivíduos poderia influenciar o resultado da avaliação do estado de hidratação baseado na densidade urinária, Hamounti *et al.* (2010) observaram que 56% dos jogadores de *rugby* e 11% dos corredores foram classificados incorretamente como hipohidratados pela GEU, sugerindo que diferenças na massa muscular entre os participantes podem ter influenciado para a incidência de determinação de falso-positivos avaliados pela GEU (HAMOUNTI *et al.*, 2010).

Dessa forma, apesar de ser um substituto não invasivo para a osmolalidade plasmática, a gravidade específica da urina é considerada como um indicador menos sensível para avaliar o estado agudo de desidratação. (OSTEBERG *et al.*, 2009).

4.4.2 Osmolalidade urinária

Uma outra forma de se avaliar o estado de hidratação através da análise na urina é osmolalidade urinária, que assim como a densidade específica da urina ou GEU é um método simples, prático e com um baixo custo, no entanto surgem algumas dúvidas sobre a precisão dessa variável como único critério de avaliação do estado de hidratação.

De acordo com Shirreffs e Maughan (1998) considera-se no estado de hipohidratados, indivíduos que apresentarem valores de osmolalidade urinária superiores a 900 mOsm/kg, no entanto, por se tratar de uma variável muito instável, apresenta valores com uma grande variação individual.

Estudos com restrição de fluidos mostraram que a osmolalidade urinária aumenta para valores maiores que 900 mOsm/kg, estando estes com 1,9% de redução da massa corporal (SHIRREFFS, 2003).

No entanto, a grande variação individual observada pode prejudicar análise dessa variável como critério para hipohidratação, o que está em concordância com Shirreffs e Maughan (1998) que mesmo sugerindo um ponto de corte para hipohidratação (900 mOsm.kg⁻¹.H₂O), sugerem a alta instabilidade desta variável.

Shirreffs e Maughan (1998) observaram maiores valores de osmolalidade urinária em boxeadores e lutadores em relação à ginastas (775 ± 263 mOsmol.kg⁻¹) X (627 ± 186 mOsmol.kg⁻¹) (p=0,000), surgindo a hipótese de que diferenças na massa corporal podem influenciar a composição da urina o que foi confirmado no estudo realizado por Hamouti *et al.* (2010) com análise da GEU.

Um outro ponto relevante é o fato de diferenças culturais poderem influenciar a osmolalidade da urina. Um estudo realizado por Manzi *et al.* (2003) mostrou que existe uma grande diferença na osmolalidade urinária conforme os costumes regionais (bebidas, alimentos). Nesse estudo os autores observaram uma ampla variação nos valores observados entre alemães (860 mOsm/kg) e poloneses (392 mOsm/kg). De acordo com Popowski *et al.* (2001), uma das dificuldades das análises urinárias para avaliar o estado de hidratação é que a ingestão de líquidos pode produzir uma amostra de urina que não reflita o estado imediato de hidratação, sendo que os rins podem filtrar o líquido consumido previamente ao teste, e como consequência, um atleta ligeiramente desidratado pode indicar erroneamente o estado de hidratação.

Dessa forma, apesar de serem muito utilizadas para análise do estado de hidratação, juntamente com as alterações na massa muscular, as variáveis urinárias têm como principal limitação, a identificação de mudanças agudas no estado de hidratação, sendo dessa forma uma avaliação menos sensível e apresenta uma resposta menos confiável quando comparada com a osmolalidade plasmática (POPOWSKY *et al.*, 2001; SHIRREFFS e MAUGHAN, 1998).

No entanto, a principal limitação da mensuração do estado de hidratação através dos índices urinários é a dificuldade de identificar rapidamente mudanças no estado de hidratação, sendo então menos sensível e apresenta uma resposta atrasada comparando com a osmolalidade plasmática (SHIRREFFS e MAUGHAN, 1998). Dessa forma a gravidade específica da urina e osmolalidade urinária

demonstram uma resposta menos fidedigna do estado agudo de hidratação em relação à osmolalidade plasmática (POPOWSKY *et al.* 2001).

5. Conclusão

De acordo com a literatura pesquisada, não há um consenso nas discussões sobre as melhores estratégias de hidratação, os autores apresentam vantagens de alguns métodos em relação a outros e desvantagens em relação aos mesmos, portanto, é impreciso afirmar qual o melhor protocolo de hidratação para o exercício. Entretanto, o que se pode perceber é que a sede parece ser o mecanismo mais seguro e mais adequado para a reposição hídrica e garantir o estado de hidratação do indivíduo.

As análises da osmolalidade do plasma e das diferenças na massa corporal, pré e pós exercício, provavelmente são as melhores e mais precisas formas de avaliação do estado de hidratação do indivíduo, no caso da impossibilidade de avaliar o conteúdo total da água corporal.

Referências Bibliográficas

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE – ACSM. Position Stand: Exercise and Fluid Replacement. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.39, n.2, p. 377- 390, 2007.

ARMSTRONG, L.E.; COSTILL, D.L.; FINK, W.J. Influence of diuretic-induced dehydration on competitive running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.17, p. 456-461, 1985.

ARMSTRONG, L.E.; MARESH, C.M.; CASTELLANI, J.W. Urinary indices of hydration status. **International Journal of Sports Nutrition**, v.4, p. 265-279, 1994.

ARMSTRONG, L.E.; HERRERA SOTO, J.A.; HACKER, F.T.; CASA, D.J.; KAVOURAS, S.A.; MARESH, C.M. Urinary indices during dehydration, exercise and rehydratation. **International Journal of Sport Nutrition**, v.8, p. 345-355, 1998.

BACKX, K.; VAN SOMEREN, K.A.; PALMER, G.S. One hour cycling performance is not affected by ingested fluid volume. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v.13, p.333-342, 2003.

BAKER, L.B.; LANG, J.A.; KENNEY, W.L. Change in Body Mass Accurately and Reliably Predicts Change in Body Water After Endurance Exercise. **European Journal Applied Physiology**, v.105, p. 959-967, 2009.

BARTOK, C.; OPPLIGERI, R.A. Hydration Testing of Athletes. **Sports Medicine**, v.32, n.15, p. 959-971, 2002.

BARTOK, C.; DALE, A.S.; SULLIVAN, J.C.; CLARK, R.R.; LANDRY, G.L. Hydration Testing in Collegiate Wrestlers Undergoing Hypertonic Dehydration. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.36, n.3, p. 510-517, 2004.

BELOW, P.R.; MORA-RODRIGUEZ, R.; GONZÁLEZ-ALONSO, J.; COYLE, E.F.; Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1 hour

of intense exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v.27, n.2, p. 200-210, 1995.

BORG, G. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.14, p. 377-381, 1982.

CASA, D.J.; ARMSTRONG, L.E.; HILLMAN, S.K.; MONTAIN, S.J.; REIFF, R.V.; RICH, B.S.E.; ROBERTS, W.O.; STONE, J.A.; JENNIFER A. National Athletic Trainers Association Position Statement: Fluid replacement for athletes. **Journal of Athletic Training**, v.35, p. 212-224, 2000.

CHEUVRONT, S.N.; CARTER, R.; SAWKA, M.N. Fluid Balance and Endurance performance. **Current Sports Medicine Reports**, v.2, p. 202-208, 2003.

CHEUVRONT, S.N.; SAWKA, M.N. Hydration Assessment of Athletes. **Sports Science Exchange 97**, v.18, n.2, 2005.

COSTILL, D.L.; SPARKS K.E. Rapid fluid replacement following thermal dehydration. **Journal of Applied Physiology**, v.34, n.3, p. 299-303, 1973.

COYLE, E.F. Fluid and fuel intake during exercise. **Journal of Sports Sciences**, v.22, p. 39-55, 2004.

DARIES, H.N.; NOAKES, T.D.; DENNIS, S.C. Effect of fluid intake volume on 2h running performances in a 25°C environment. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.32, n.10, p. 1783-1789, 2000.

DILL, D.B.; COSTILL, D.L. Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma and red cells in dehydration. **Journal of Applied Physiology**, v.37, p. 247-248, 1974.

DUGAS, J.P.; OOSTHUIZEN, U.; TUCKER, R.; NOAKES, T.D. Rates of fluid ingestion alter pacing but not thermoregulatory responses during prolonged exercise

in hot and humid conditions with appropriate convective cooling. **European Journal of Applied Physiology**, v.105, p. 69-80, 2008.

FIGARO, M.K.; MACK, G.W. Regulation of fluid intake in dehydrated humans: role of oropharyngeal stimulation. **American Journal of Physiology**, v.272, p. R1740-1746, 1997.

FRANCESCONI, R.P.; HUBBARD, R.W.; SZLYK, P.C.; SCHNAKENBERG, D.; CARLSON, D.; LEVA, N.; SILS, I.; HUBBARD, L.; PEASE, V.; YOUNG, J.; MOORE, D. Urinary and hematologic indexes of hypohydration. **Journal of Applied Physiology**, v.62, n.3, p.1271-1276, 1987.

FORTNEY, S.M.; WENGER, C.B.; BOVE, J.R.; NADEL, E.R.; Effect of hyperosmolality on control of blood flow and sweating. **Journal of Applied Physiology**, v.57, n.6, p. 1688-1695, 1984.

GARDNER, J.W. Death by water intoxication. **Military Medicine**, v.167, n.5, p. 432-434, 2002.

GONZÁLEZ-ALONSO, J.; MORA-RODRIGUES, R.; BELOW, P.R.; COYLE, E.F.; Dehydration reduces cardiac output and increases systemic and cutaneous vascular resistance during exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.79, n.5, p. 1487-1496, 1995.

GONZALEZ-ALONSO, J.; MORA-RODRIGUES, R.; BELOW, P.R.; COYLE, E.F. Dehydration markedly impairs cardiovascular function in hyperthermic endurance athletes during exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.82, p. 1229-1236, 1997.

GONZALEZ-ALONSO, J.; CALBET, J.A.L.; NIELSEN, B. Muscle blood flow is reduced with dehydration during prolonged exercise in humans. **The Journal of Physiology**, v.513, p. 895-905, 1998.

GONZÁLEZ-ALONSO, J.; TELLER, C.; ANDERSEN, S.L.; JENSEN, F.B.; HYLDIG, T.; NIELSEN, B. Influence of body temperature on development of fatigue during prolonged exercise in the heat. **Journal of Applied Physiology**, v.86, n.3, p. 1032-1039, 1999.

GREENLEAF, J.E.; BROCK, P.J.; KEIL, L.C.; MORSE, J. T., Drinking and water balance during exercise and heat acclimation. **Journal of Applied Physiology**, v.54, n.2, p. 414-419, 1983.

HAMILTON, M. T.; GONZÁLEZ-ALONSO, J.; MONTAIN, S.J.; COYLE, E.F.; Fluid Replacement and glucose infusion during exercise prevent cardiovascular drift. **Journal of Applied Physiology**, v.71, n.3, p. 871-877, 1991.

HAMOUTI, N.; DEL COSO, J.; ÁVILA, A.; MORA-RODRIGUEZ, R. Effects of athletes' muscle mass on urinary markers of hydration Status. **European Journal Applied Physiology**, v.109, p. 213–219, 2010.

HEW-BUTLER, T.; COLLINS, M.; BOSCH, A.; SHARWOOD, K.; WILSON, G.; ARMSTRONG, M.; JENNINGS, C.; SWART, J.; NOAKES, T.D.. Maintenance of Plasma Volume and Serum Sodium Concentration Despite Body Weight Loss in Ironman Triathletes. **Clinical Journal Sports Medicine**, v.17, n.2, p. 116-122, 2007.

KAVOURAS, S.A. Assessing hydration status. **Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care**, v.5, p. 519-524, 2002.

KAY, D.; MARINO, F.; CANNON, J.; GIBSON, S.T.C.; LAMBERT, M.I.; NOAKES, T.D. Evidence for neuromuscular fatigue during high-intensity cycling in warm, humid conditions. **European Journal of Applied Physiology**, v.84, n.1-2, p. 115-121, 2001.

KAY, D.; MARINO, F. Failure of fluid ingestion to improve self-paced exercise performance in moderate-to-warm humid environments. **Journal of Thermal Biology**, v.28, p. 29-34, 2003.

KNECHTLE, M.D.; KNECHTLE, P.; ROSEMANN, T.; SENN, O. No Dehydration in Mountain Bike Ultra-Marathoners. **Clinical Journal Sports Medicine**, v.19, n.5, p. 415-420, 2009.

LEJEMTEL, T.H.; SERRANO, C. Vasopressin dysregulation: Hyponatremia, fluid retention ad congestive heart failure. **International Journal of Cardiology**, v.120, p. 1-9, 2007.

LIPPI, G.; SCHEHA, F.; SALVAGNO, G.L.; TAPERI, C.; MONTAGNANA, M.; GELATI, M.; BANFI.; GUIDI, G.C. Acute Variation of Estimated Glomerular Filtration Rate Following a Half-Marathon Run Authors. **International Journal Sports Medicine**, v.29, p. 948-951, 2008a.

LIPPI, G.; SCHEHA, F.; MONTAGNANA, M.; SALVAGNO, G.L.; GUIDI, G.C. Influence of acute physical exercise on emerging muscular biomarkers. **Clinical Chemistry and Laboratory Medicine**, v.46, n.9, p. 1313-1318, 2008b.

MACHADO-MOREIRA, C.A.; VIMIEIRO-GOMES, A.C.; SILAMI-GARCIA, E.; RODRIGUES, L.O.C. Hidratação durante o exercício: a sede é suficiente? **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.12, n.6, p. 405-409, 2006.

MANZI, F.; WENTZI, A. 24-h Hydration Status: Parameters, Epidemiology and Recommendations. **European Journal of Clinical Nutrition** **57**, v.2, p. 10-18, 2003.

MARINO, F. Anticipatory regulation and avoidance of catastrophe during exercise-induced hyperthermia. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.139, p. 561-569, 2004.

MAUGHAN, R.J. Impact of mild dehydration on wellness and on exercise performance. **European Journal of Clinical Nutrition** **57**, v.2, p.19-23, 2003.

McCONNELL, G.K.; STEPHENS, T.J.; CANNY, B.J. Fluid Ingestion does not influence intense 1h exercise performance in a mild enviroment. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.31, n.3, p. 386-392, 1999.

McKINLEY M.J.; CAIRNS, M.J.; DENTON, D.A.; EGAN, G.; MATHAI, M.L.; USCHAKOV, A.; WADE, J.D.; WEISINGER, R.S.; OLDFIELD, B.J. Physiological and pathophysiological influences on thirst. **Physiology and Behavior**, v.81, 795-803, 2004.

MELIN, B.; JIMENEZ, C.; SAVOUREY, G.; BITTEL, J.; COTTET-EMARD, J.M.; PEQUIGNOT, J.M.; ALLEVARD, A.M.; GHARIB, C. Effects of hydration state on hormonal and renal responses during moderate exercise in the heat. **European Journal of Applied Physiology**, v.76, p. 320-327, 1997.

McCONNELL, G.K.; BURGE, C.M.; SKINNER, S.L.; HARGREAVES, M. Influence of ingested fluid volume on physiological responses during prolonged exercise. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.160, p. 149-156, 1997.

MONTAIN, S.J.; COYLE, E.F. Fluid ingestion during exercise increases skin blood flow independent of increases in blood volume. **Journal of Applied Physiology**, v.73, n.3, p. 903-910, 1992.

MUNDEL, T.; KING, J.; COLLACOTT, E.; JONES, D.A. Drink temperature influences fluid intake and endurance capacity in men during exercise in a hot, dry environment. **Experimental Physiology**, v.91, n.5, p. 925-933, 2006.

MYHRE, L.G; HARTUNG, G.H.; NUNNELEY, S.A.; TUCKER, D.M. Plasma Volume Changes in Middle-Aged Male and Female Subjects During Marathon Running. **Journal of Applied Physiology**, v.59, n.2, p. 559-563, 1985.

NATA – NATIONAL ATHLETIC TRAINERS' ASSOCIATION. Position Statement: Fluid Replacement for Athletes. **Journal Athletic Training**, v.35, n.2, p.212-224, 2000.

NOAKES, T.D. Fluid replacement during exercise. **Exercise Sports Science Review**, v.21, p. 297-330, 1993.

NOAKES, T.D. Fluid Replacement During Marathon Running. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v.13, n.5, p. 309-318, 2003.

NOAKES, T.D. Drinking Guidelines for Exercise: What Evidence is There that Athletes Should Drink “as much as tolerable”, “to replace the weight lost during exercise” or “*ad libitum*”? **Journal of Sports Sciences**, v.25, n.7, p. 781-796, 2007a.

NOAKES, T.D. Hydration in the Marathon: Using Thirst to Gauge Safe Fluid Replacement. **Sports Medicine**, v.37, n.4-5, p.463-466, 2007b.

O'BRIEN, K.K.; MONTAIN, S.J.; CORR, W.P.; SAWKA, M.N.; KNAPIK, J.J.; CRAIG, S.C. Hyponatremia Associated With Overhydration in U.S.Army Trainees. **Military Medicine**, v.166, n.5, p. 405-410, 2001.

OPPLIGER, R.A.; MAGNES, S.A.; POPOWSKI, L.A.; GISOLFI, C.V. Accuracy of Urine Specific Gravity and Osmolality as Indicators of Hydration Status. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v.15, p. 236-251, 2005.

OSTERBERG, K.L.; HORSWILL, C.A.; BAKER, L.B. Pregame Urine Specific Gravity and Fluid Intake by National Basketball Association Players During Competition. **Journal of Athletic Training**, v.44, n.1, p. 53–57, 2009.

POPOWSKI, L.A.; OPPLIGER, R.A.; LAMBERT, G.P.; JOHNSON, R.F.; JOHNSON, A.K.; GISOLFI, C.V. Blood and Urinary Measures of Hydration Status During Progressive Acute Dehydration. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 33, n.5, p. 747-753, 2001.

ROBSON, W.L.; NORGAARD, J.P.; LEUNG, A.K. Hyponatremia in Patients With Nocturnal Enuresis Treated With DDAVP. **European journal of pediatrics**, v.155, p. 959, 1996.

SALTMARSH, M. Thirst: Why do People Drink? **Nutrition Bulletin**, v.26, p. 53-58, 2001.

SAWKA, M.N.; CHEUVRONT, S.N.; CARTER, R. Human Water Needs. **Nutrition Reviews**, v.63, n.6, p. 30-39, 2005.

SHIRREFFS, S.M.; MAUGHAN, R.J. Urine Osmolality and Conductivity as Markers of Hydration Status. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.30, p. 1598-1602, 1998.

SHIRREFFS, S.M. Markers of Hydration Status. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.57, n.2, p.6-9, 2003.

SPEEDY, D.B. NOAKES, D.; KIMEBR, N.E.; ROGERS, I.R.; THOMPSON J.M.D.; BOSWELL, D.R.; ROSS, J.J.; CAMPBELL, R.G.D.;GALLAGHER, P.G.; KUTTNER, J.A. Fluid Balance During and After an Ironman Triathlon. **Clinical Journal of Sport Medicine**, V.11, p. 44-50, 2001.

STEIN, H.J.; ELIOT, J.W.; BADER, R.A. Physiological Reactions to Cold and Their Effects on the Retention of Acclimatization to Heat. **Journal of Applied Physiology**, v.1, p. 575-585, 1949.

SU, S.B.; LIN, K.H.; CHANG, H.Y.; LEE, C.W.; LU, E.W.; GUO, H.R. Uring Urine Specific Gravity to Evaluate the Hydration Status of Workers Working in a Ultra-Low Humidity Environment. **Journal of Occupational Health**. v.48, p. 284-289, 2006.