



HIDRATAÇÃO E FUNÇÃO COGNITIVA, HABILIDADES TÉCNICAS E PERFORMANCE FÍSICA EM ESPORTES COLETIVOS

(Publicado: Janeiro de 2021/Autores: **Kelly A. Barnes MS, CPT; Lindsay B. Baker**/Tópicos: Composição Corporal, Nutrição Esportiva, Treino e Performance, Recuperação, Saúde do Atleta)

Kelly A. Barnes | Gatorade Sports Science Institute
Lindsay B. Baker | Gatorade Sports Science Institute

- Atletas de esportes coletivos apresentam um risco de treinar e competir em estado de hipohidratação quando as perdas de líquido são grandes e/ou há desafios em relação à disponibilidade de líquidos ou oportunidades para a ingestão.
- As habilidades técnicas e a função cognitiva são essenciais para a performance do atleta em esportes coletivos e podem ser prejudicadas pela hipohidratação, especialmente quando somada com o estresse térmico.
- Os mecanismos relacionados aos danos cognitivos na hipohidratação não estão totalmente compreendidos. Há uma hipótese de que os sintomas frequentemente associados com a hipohidratação (por exemplo, a sensação de sede, dores de cabeça, fadiga, humor negativo) sejam uma distração para um indivíduo realizando tarefas cognitivas.
- A redução na função cognitiva, habilidades específicas e performance física em esportes coletivos são mais prováveis de ocorrer quando os níveis de hipohidratação são > 2% da perda de massa corporal, mas há uma variabilidade interindividual significativa no efeito da hipohidratação na performance nestes esportes.

LEITURA RECOMENDADA

Maior de 2018 SSE #180: Água Fria e Gelo na Redução da Temperatura Corporal durante Exercícios no Calor

Junho de 2018 SSE #181: O Conceito “Potência Crítica” e a Performance nos Exercícios de Alta Intensidade

Agosto de 2018 SSE #182: Estratégia de Ingestão de Líquidos para Hidratação Ideal e Performance: Planejamento de Ingestão de Líquidos vs. Ingestão na Sede

INTRODUÇÃO

Os atletas perdem líquido corporal durante a prática de exercícios principalmente através da transpiração. O equilíbrio de líquidos corporais entre as perdas de suor e a ingestão de líquidos durante o exercício pode gerar um estado de hipohidratação nestes atletas participando de treinos e competições. As condições ambientais, o tamanho corporal do atleta, os equipamentos de proteção e as demandas do exercício em esportes coletivos variam consideravelmente, levando a uma grande variabilidade interesportiva em relação às perdas de suor. No entanto, mesmo quando se trata do mesmo esporte, também pode haver uma grande variabilidade interindividual nestas perdas. As diretrizes publicadas sobre a prática de exercícios e a reposição de líquidos recomendam a ingestão de líquidos durante o exercício para prevenir uma perda de massa corporal (PMC) maior que 2% e, já que as taxas da perda de suor e perda de eletrólitos pelo suor diferem amplamente entre os atletas, os planos de hidratação

devem ser individualizados (Maughan & Shirreffs, 2010; McDermott et al., 2017; Sawka et al., 2007; Thomas et al., 2016).

Está bastante claro que a hipohidratação maior que 2% da PMC, especialmente em condições ambientais quentes e úmidas, pode prejudicar a performance em atividades de resistência (Cheuvront & Kenefick, 2014; Sawka et al., 2007). Este artigo do Sports Science Exchange irá focar no impacto da hipohidratação na performance em esportes coletivos, algo menos estabelecido atualmente. A performance nestes esportes é uma combinação de ambos os campos físico e mental. As capacidades mentais incluem as habilidades técnicas específicas de cada esporte que estão relacionadas com a precisão e controle motor como finalizações, passes e dribles, mas também com aspectos cognitivos incluindo, mas não se limitando a estes exemplos, resposta motora e o tempo de reação, função viso-motora, função executiva, memória e processamento de informações. As demandas físicas dos esportes coletivos incluem arrancadas, movimentos laterais, saltos e corridas intermitentes de alta intensidade, para citar algumas. Estas estão definidas na Tabela 1 (Nuccio et al., 2017).

O RISCO DE HIPOHIDRATAÇÃO ESPECÍFICO DO ESPORTE

Os riscos específicos do esporte para hipohidratação são baseados em condições ambientais, na intensidade do exercício e na disponibilidade e oportunidades para a ingestão de líquidos, como visto na Figura 1 (Belval et al., 2019; Nuccio et al., 2017). Dos esportes revisados, aqueles com maior risco para a hipohidratação foram o futebol, lacrosse e rugby, seguidos pelo futebol americano, futebol australiano, hockey no gelo e hockey de campo. O basquete, o futebol gaélico, cricket, baseball, softball, vôlei de praia, vôlei de quadra, futsal, netball, polo aquático e badminton foram classificados com risco menor (Belval et al., 2019; Nuccio et al., 2017). Contudo, pode existir uma alta variabilidade no risco para a hipohidratação nos esportes devido a diferentes condições ambientais durante toda a temporada e em relação aos locais das partidas, as diferentes posições no jogo (tamanho corporal, demanda física) e a disponibilidade e/ou oportunidades para a ingestão de líquidos durante os treinos e competições.

Termos relacionados aos Esportes Coletivos	Definições dos Termos
Esportes Coletivos	Os esportes em equipes dependem do esforço coletivo de jogadores individuais, realizando certas habilidades físicas ou mentais em uma tentativa de superar o time oponente. Estes esportes incluem esforços breves e de alta intensidade combinados com atividade física intermitente durante um longo período de tempo. Eles também exigem a execução de habilidades específicas a um determinado esporte e a capacidade de manter a performance desta habilidade ao longo da competição. Esportes coletivos também envolvem diversos níveis de demandas cognitivas.
Função cognitiva	A função cognitiva é definida pelos processos que a mente utiliza para absorver, processar, discernir e usar informações. A cognição inclui esferas da sensação & percepção, habilidades motoras, atenção/concentração, memória, funcionamento executivo, velocidade de processamento e habilidades da linguagem.
Habilidades Técnicas Específicas aos Esportes	Habilidades específicas aos esportes são atividades relacionadas à performance que dependem do processo complexo e interconectado das funções física e cognitiva. Estas aptidões incluem habilidades como finalizações, passes e dribles.
Demandas Físicas	Os componentes físicos dos esportes coletivos incluem elementos importantes para esses esportes, mas não específicos a algum esporte em especial, como os movimentos laterais, arrancadas, saltos e potência anaeróbica.

Tabela 1. Termos e definições sobre a performance em esportes coletivos (Nuccio et al., 2017).

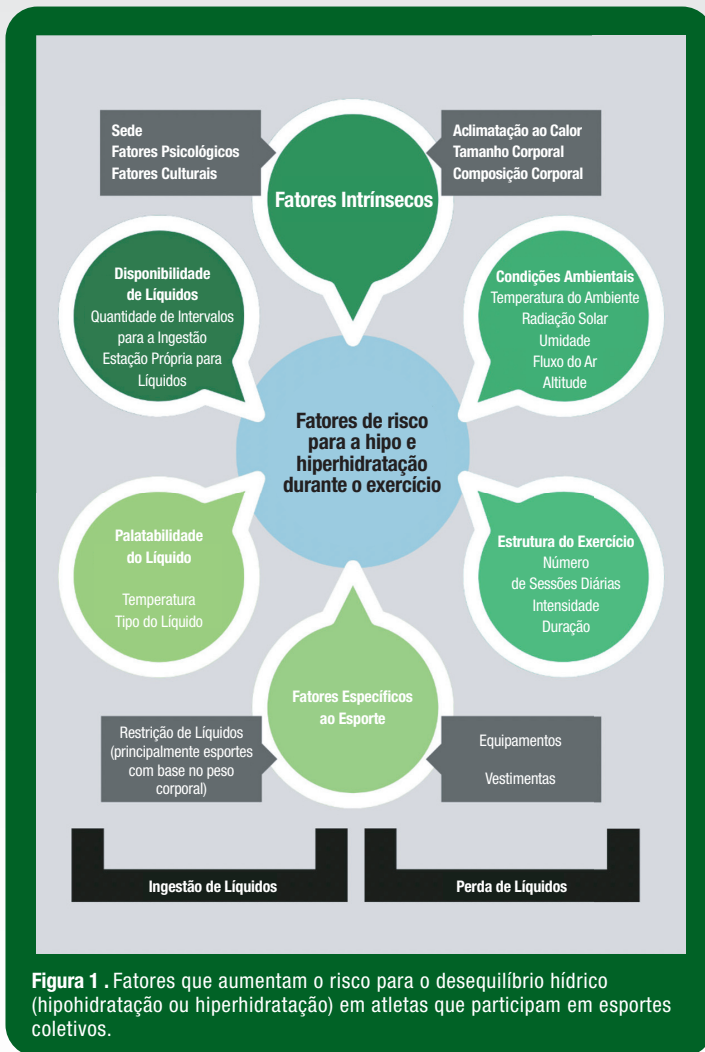


Figura 1. Fatores que aumentam o risco para o desequilíbrio hídrico (hipohidratação ou hiperhidratação) em atletas que participam em esportes coletivos.

HIPOHIDRATAÇÃO E DOMÍNIOS MENTAL E FÍSICO NOS ESPORTES COLETIVOS

A literatura é contraditória em relação ao impacto da hipohidratação nos aspectos mentais dos esportes coletivos. Alguns pesquisadores encontraram uma redução em certos aspectos da cognição e das habilidades técnicas (Baker et al., 2007a, b; D'Anci et al., 2009; Dougherty et al., 2006; Hoffman et al., 1995; MacLeod & Sunderland, 2012), enquanto outros não encontraram danos na performance (Adam et al., 2008; Edwards et al., 2007; Ely et al., 2013; Grego et al., 2005; McGregor et al., 1999; Serwah & Marino, 2006). Wittbrodt et al. (2018) sugeriu que há uma possível relação dose-resposta entre a perda de água corporal, por meio de restrição de líquidos, estresse térmico, prática de exercícios ou prática de exercícios + estresse térmico e a deficiência cognitivo-motora, indicando que à medida que o percentual da PMC aumenta, o dano cognitivo também aumenta. Um estudo com uma equipe de militares encontrou que uma redução na performance cognitiva normalmente tem início por volta de 2% da PMC e aumenta com maiores níveis de desidratação (Gopinathan et al., 1988) – semelhante ao declínio na performance física observado em atletas de resistência (Cheuvront & Kenefick, 2014; Gopinathan et al., 1988). No entanto, um outro grupo de pesquisa relatou que a desidratação até cerca de 3%, sem a presença de estresse térmico, provavelmente não irá prejudicar a função cognitiva ou psicomotora em militares (Adam et al., 2008). A Tabela 2 resume a literatura em relação aos efeitos da

Domínio cognitivo/Habilidades	Resultados na Performance	Danos na Performance	Sem Diferença Significativa
Basquete			
Arremessos	↓ ↔	(Baker et al., 2007b; Brandenburg & Gaetz, 2012; Carvalho et al., 2011; Dougherty et al., 2006) <i>realização de menor número de arremessos, menor porcentagem de arremessos realizados</i>	(Baker et al., 2007b; Hoffman et al., 1995, 2012) <i>número de arremessos realizados, porcentagem de arremessos realizados</i>
Velocidade de Reação	↓ ↔	(Baker et al., 2007a; Hoffman et al., 2012) <i>Maior número de erros nos testes, tempo de resposta durante os testes mais lentos, menos agilidade corporal de reação e mais lenta – Quick Board</i>	(Hoffman et al., 2012) <i>teste de reação olho-mão Dynavision D2</i>
Vigilância	↓	(Baker et al., 2007a)	n/a
Futebol			
Passes	↔	n/a	(Ali et al., 2007; Owen et al., 2013)
Dribles	↓	(McGregor et al., 1999)	n/a
Chutes	↔	n/a	(Owen et al., 2013)
Concentração	↔	n/a	(Edwards et al., 2007; McGregor et al., 1999) <i>teste de identificação numérica</i>
Velocidade de Reação	↓	(Bandelow et al., 2010) <i>Stemberg test</i>	n/a
Memória	↓ ↔	(Bandelow et al., 2010) <i>memória operacional</i>	(Bandelow et al., 2010) <i>memória operacional viso-espacial – Teste de Blocos de Corsi</i>
Velocidade Motora Fina	↔	n/a	(Bandelow et al., 2010) <i>teste de batidas do dedo ("finger tapping")</i>
CRICKET			
Boliche (bowling)	↓ ↔	(Devlin et al., 2001; Gamage et al., 2016) <i>Velocidade e precisão</i>	(Devlin et al., 2001; Gamage et al., 2016) <i>comprimento e velocidade</i>
Tênis			
Bater a bola (Hitting)	↔	n/a	(Burke & Ekblom, 1984) <i>precisão</i>
Hockey de Campo			
Habilidades do Hockey de Campo	↔	n/a	(MacLeod & Sunderland, 2012)
Velocidade da Tomada de Decisões	↓ ↔	(MacLeod & Sunderland, 2012) <i>durante teste de habilidades</i>	(MacLeod & Sunderland, 2012) <i>após atividade em esteira</i>
Remo, Lacrosse, Futebol Americano			
Vigilância	↓	(D'Anci et al., 2009) <i>continuous performance test</i>	n/a
Memória	↔	n/a	(D'Anci et al., 2009)
Tempo de Reação	↔	n/a	(D'Anci et al., 2009)
Percepção Visual	↔	n/a	(D'Anci et al., 2009)
Função Executiva	↔	n/a	(D'Anci et al., 2009) <i>mapa mental, reconhecimento de mapa</i>

Tabela 2. Resumo dos efeitos da hipohidratação sobre as habilidades e demandas cognitivas em atletas de esportes coletivos. (↓ indica uma redução na performance com a presença da desidratação, e ↔ indica que não houve diferença significativa na performance entre os ensaios com a presença da desidratação e o controle).

hipohidratação na capacidade cognitiva e nas habilidades técnicas em esportes coletivos. Dos esportes estudados (baseball, basquete, cricket, futebol, remo, futebol americano, lacrosse e tênis), parece haver algum decréscimo na performance em relação à precisão de finalizações/bowling (boliche no cricket, a ação de impulsionar a bola em direção a meta), velocidade na tomada de decisões, velocidade de reação, memória, vigilância e agilidade motora fina, enquanto os passes e a concentração foram menos afetados. Um ponto digno de nota é que a maioria das avaliações cognitivas foram testes cognitivos padrão e não-específicos aos esportes, com exceção dos testes cognitivos realizados nos atletas de hockey de campo (MacLeod & Sunderland, 2012).

Alguns dos componentes físicos dos esportes coletivos incluem elementos importantes para estes esportes, mas não específicos a qualquer esporte, como movimentos laterais, arrancadas, saltos e força anaeróbica. O impacto que a hipohidratação tem nestas capacidades físicas apresenta resultados contraditórios na literatura. Em geral, a velocidade das arrancadas parece ser menor quando a hipohidratação é moderada em comparação com o estado de euhidratação (Baker et al., 2007b; Davis et al., 2015; Devlin et al., 2001; Dougherty et al., 2006; Gamage et al., 2016; McGregor et al., 1999). As outras medidas de performance prejudicadas com a hipohidratação foram a velocidade nos movimentos laterais (Baker et al., 2007b; Dougherty et al., 2006) e a velocidade em exercícios práticos integrados (Baker et al., 2007b). Contudo, alguns estudos não encontraram diferenças na velocidade nas arrancadas (Ali et al., 2011; Ali & Williams, 2013; Carvalho et al., 2011), ou na velocidade nos exercícios práticos integrados (Dougherty et al., 2006). As pesquisas em relação à distância percorrida durante um teste "loio" (Yo-Yo) são ambíguas, com um estudo realizado com jogadores de futebol não mostrando diferenças entre a ingestão prescrita de água (-0,3% PMC), ingestão de água ad libitum (-1,1% PMC) e sem a presença da ingestão de líquidos (-2,5% PMC), e um outro estudo mostrando uma redução da distância percorrida quando não houve oferta de líquidos (-2,4% PMC), ou apenas a ocorrência do enxágue bucal (-2,1% PMC) em comparação com a ingestão de água (-0,7% PMC) (Edwards et al., 2007; Owen et al., 2013). A maioria dos estudos não encontrou uma diferença significativa entre os ensaios sem e com a ingestão de líquidos em relação à altura máxima do salto, pico de força do salto ou força anaeróbica (Baker et al., 2007b; Burke & Ekblom, 1984; Dougherty et al., 2006; Hoffman et al., 1995, 2012; Yoshida et al., 2002), mas alguns mostraram uma menor força anaeróbica com a hipohidratação, especialmente durante testes tardios ou com níveis maiores de perdas de líquido

(Hoffman et al., 1995; Yoshida et al., 2002). A Figura 2 indica a porcentagem dos estudos mostrando um efeito da hipohidratação na performance em cada categoria de esporte coletivo.

REIDRATAÇÃO APÓS DESIDRATAÇÃO INDUZIDA PELO EXERCÍCIO

Uma área adicional e menos explorada é o efeito que a reidratação tem na performance cognitiva/habilidades esportivas, após a prática de exercícios com ocorrência da desidratação. Cian et al., (2000) encontrou que a desidratação resultante do exercício isoladamente e do estresse térmico isoladamente causou uma redução na performance (maiores tempos de resposta e declínio na memória de curto prazo), mas este decréscimo desapareceu após 3,5 horas quando comparado com um controle no estado euhidratado. Durante as 3,5 horas após o exercício, a percepção da fadiga foi maior em ambos os métodos de desidratação e melhorou com a ingestão de líquidos. Quando os indivíduos foram reidratados após o período de desidratação, eles foram capazes de manter uma memória de longo prazo, enquanto a memória de longo prazo apresentou declínio quando os indivíduos se encontraram no estado desidratado (Cian et al., 2000). Um estudo com indivíduos saudáveis em idade universitária também encontrou que quando estes indivíduos estavam desidratados através da restrição de líquidos, os escores no teste de Perfil dos Estados de Humor (POMS) e a performance cognitiva (memória de curto prazo e atenção) foram prejudicados. Após a reidratação destes indivíduos, os escores POMS, a memória de curto prazo, a atenção e a reação foram todos melhores (Zhang et al., 2019). Mais trabalhos são necessários para determinar os efeitos prolongados da hipohidratação na capacidade cognitiva e em relação às habilidades após a reidratação dos atletas no período pós-exercício.

MECANISMOS DOS DANOS RELACIONADOS COM A HIPOHIDRATAÇÃO EM ALGUNS ESTUDOS

Outra aplicação prática da ingestão do O3FA no contexto de "proteger" Os possíveis mecanismos para os efeitos da hipohidratação na cognição e nas habilidades específicas em esportes coletivos não estão totalmente compreendidos. Foi sugerido que os sintomas associados com a hipohidratação, como a sensação de sede, dores de cabeça ou humor negativo podem ser uma distração para o indivíduo realizando atividades cognitivas e contribuem com uma redução na performance (Cheuvront & Kenefick, 2014). A fadiga e a maior percepção do esforço que frequentemente acompanham a hipohidratação poderiam também

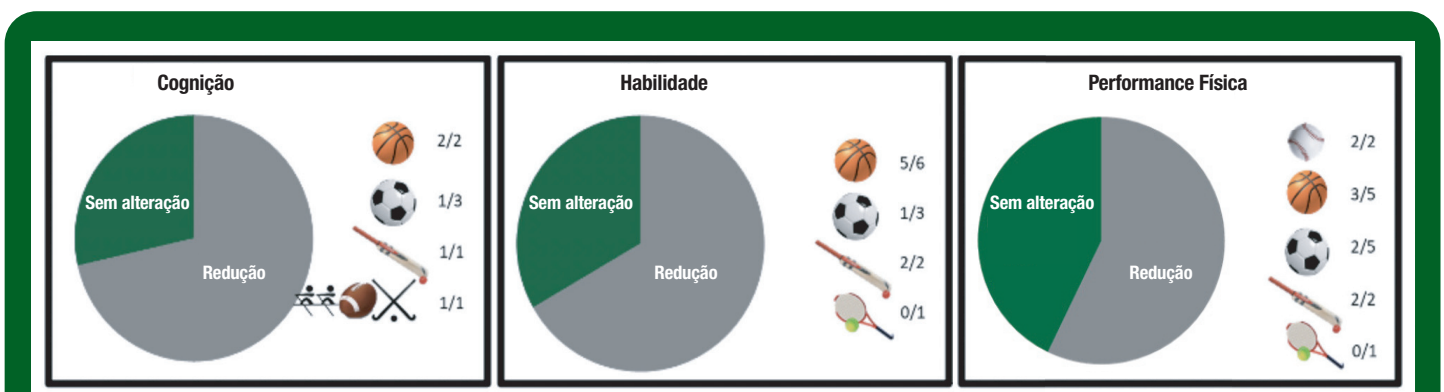


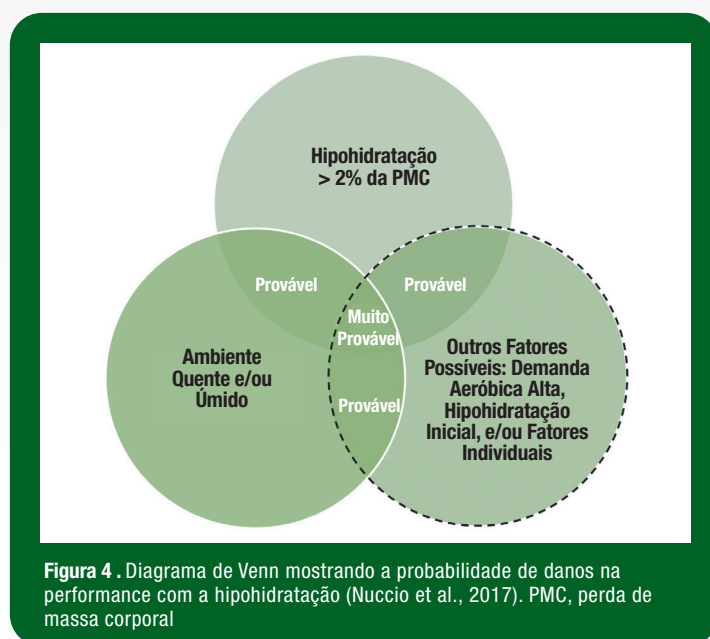
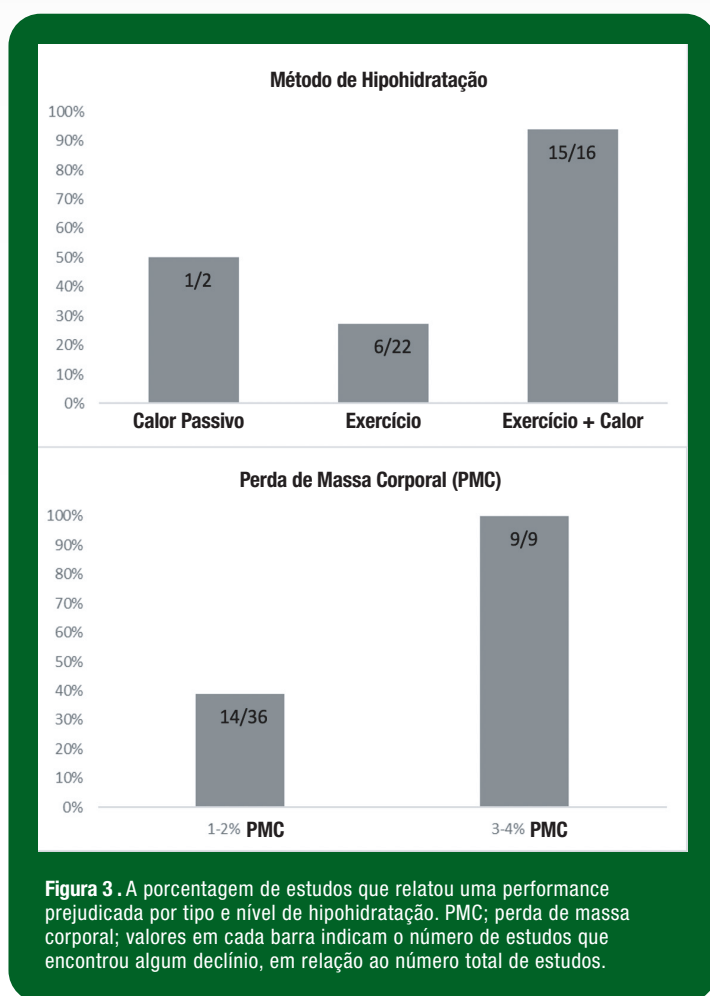
Figura 2. A porcentagem de estudos que relatou uma redução ou nenhuma alteração relacionada à hipohidratação, durante a prática de exercícios por área da performance em esportes coletivos. Os valores ao lado do equipamento de cada esporte indicam o número de estudos que encontrou algum declínio, em relação ao número total de estudos.

explicar alguns dos danos relatados na performance (Nuccio et al., 2017). No entanto, talvez devido à genética ou às adaptações aos treinos, alguns indivíduos, apesar da sede, após esforço ou fadigados, podem ser melhores que outros no sentido de aumentarem a concentração para superarem as distrações (Cheuvront & Kenefick, 2014).

O estresse térmico poderia exacerbar os sintomas e os danos na performance cognitiva resultantes da hipohidratação. Algumas pesquisas sugerem que há efeitos distintos resultantes do estresse térmico induzido pelo exercício e do estresse térmico induzido pelo exercício somado à desidratação nas atividades cognitivas. Um aumento moderado na temperatura interna corporal apresenta a possibilidade de melhorar a cognição (Schmit et al., 2017), possivelmente devido ao maior fluxo sanguíneo cerebral (Hocking et al., 2001). Contudo, pode haver um limiar no qual a performance cognitiva começa a diminuir com a presença do estresse térmico, e isto pode ser mais fundamentado em sensações subjetivas de desconforto ao invés de medidas objetivas do ambiente ou da temperatura corporal (Gaoua et al., 2017). Em um estudo recente, a performance viso-motora apresentou uma redução com o estresse térmico induzido pelo exercício, com danos adicionais quando houve também um estado de desidratação (Wittbrodt et al., 2018). Além disso, a ativação cerebral aumentou com a desidratação, mas não com o estresse térmico induzido pelo exercício isoladamente (Wittbrodt & Millard-Stafford, 2018; Wittbrodt et al., 2018), sugerindo que um maior esforço foi necessário para completar as atividades cognitivas.

LIMITAÇÕES

Resumindo, o efeito da hipohidratação na performance em esportes coletivos pode ser algo desafiador. Por exemplo, o exercício agudo tem um efeito pequeno, positivo, de curta duração na performance cognitiva (Chang et al., 2012). A temperatura interna corporal elevada, concomitante com o exercício e a hipohidratação, pode também afetar a função cognitiva (Bandelow et al., 2010). Adicionalmente, os testes de habilidades técnicas e de performance cognitiva e física administrados devem ser sensíveis o suficiente para detectar verdadeiras alterações devido às intervenções nutricionais (Lieberman, 2007). Em conjunto, o efeito do estado de hidratação na performance em esportes coletivos tem se apresentado de maneira contraditória. No entanto, parece que a hipohidratação tem maior probabilidade de prejudicar a cognição, as habilidades técnicas e a performance física em níveis maiores de PMC (> 2%) e quando o método de desidratação envolve o estresse térmico (Figura 3).



APLICAÇÕES PRÁTICAS

- Os fatores que estão mais associados com um aumento do risco de hipohidratação em esportes coletivos estão resumidos na Figura 4. Quando ao menos dois destes fatores de risco estão presentes, é provável que existam implicações cognitivas/habilidades na performance nestes esportes. Se todos os três fatores estão presentes, é altamente provável que a performance em esportes coletivos irá sofrer consequências (Nuccio et al., 2017).
- Os atletas e profissionais devem empenhar-se para entender as perdas individuais de líquido durante a prática de esportes coletivos e, portanto, traçar planos de hidratação personalizados.
- Quando os domínios cognitivos, de habilidades e físico são críticos, os atletas devem manter a PMC abaixo de cerca de 2%, especialmente quando as condições ambientais são quentes e úmidas. Para isto, deve-se fornecer aos atletas acesso aos líquidos e oportunidades adequadas para a ingestão destes líquidos.

RESUMO

Há uma grande variabilidade, em um único esporte e entre os esportes, na perda de suor dos atletas. O acesso aos líquidos e as oportunidades para reidratação durante os treinos e competições também variam entre os esportes. Isso pode fazer com que alguns atletas de esportes coletivos atuem em um estado de hipohidratação. Os efeitos da hipohidratação na performance nestes esportes são contraditórios. Contudo, parece que a hipohidratação parece ter maior probabilidade de afetar a função cognitiva, as habilidades técnicas e a performance física quando a deficiência de massa corporal é $> 2\%$ e acontece de maneira concomitante ao estresse térmico. O mecanismo implícito nesses decréscimos não está totalmente compreendido, mas pode ser fundamentado tanto na percepção quanto na fisiologia do atleta. Para atenuar o risco de declínio na performance, os atletas devem empenhar-se em repor as perdas individuais de líquido para manterem-se em 2% da PMC, sempre que possível.

Kelly A. Barnes e Lindsay B. Baker são colaboradoras do Instituto Gatorade de Ciências do Esporte, uma divisão da PepsiCo, Inc. Os pontos de vista expressos são dos autores e não necessariamente refletem a posição ou política da PepsiCo, Inc.

REFERÊNCIAS

- Adam, G.E., R. Carter 3rd, S.N. Cheuvront, D.J. Merullo, J.W. Castellani, H.R. Lieberman, and M.N. Sawka (2008). Hydration effects on cognitive performance during military tasks in temperate and cold environments. *Physiol. Behav.* 93:748-756.
- Ali, A., and C. Williams (2013). Isokinetic and isometric muscle function of the knee extensors and flexors during simulated soccer activity: effect of exercise and dehydration. *J. Sports Sci.* 31:907-916.
- Ali, A., C. Williams, C.W. Nicholas, and A. Foskett (2007). The influence of carbohydrate-electrolyte ingestion on soccer skill performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 39:1969-1976.
- Ali, A., R. Gardiner, A. Foskett, and N. Gant (2011). Fluid balance, thermoregulation and sprint and passing skill performance in female soccer players. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 21:437-445.
- Baker, L.B., D.E. Conroy, and W.L. Kenney (2007a). Dehydration impairs vigilance-related attention in male basketball players. *Med. Sci. Sports Exerc.* 39:976-983.
- Baker, L.B., K.A. Dougherty, M. Chow, and W.L. Kenney (2007b). Progressive dehydration causes a progressive decline in basketball skill performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 39:1114-1123.
- Bandelow, S., R. Maughan, S. Shirreffs, S., K. Ozgünen, S. Kurdak, G. Ersöz, M. Binnet, and J. Dvorak (2010). The effects of exercise, heat, cooling and rehydration strategies on cognitive function in football players. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 20(Suppl 3):148-160.
- Belval, L.N., Y. Hosokawa, D.J. Casa, W.M. Adams, L.E. Armstrong, L.B. Baker, L. Burke, S. Cheuvront, G. Chiampas, J. González-Alonso, R.A. Huggins, S.A. Kavouras, E.C. Lee, B.P. McDermott, K. Miller, Z. Schlader, S. Sims, R.L. Stearns, C. Troyanos, and J. Wingo (2019). Practical hydration solutions for sports. *Nutrients* 11:1550.
- Brandenburg, J.P., and M. Gaetz (2012). Fluid balance of elite female basketball players before and during game play. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 22:347-352.
- Burke ER, and B. Ekblom (1984) Influence of fluid ingestion and dehydration on precision and endurance performance in tennis. In: *Curr. Top. Sports Med.*, N. Bacht, L. Prokop, and R. Suckert, eds. 379-388.
- Carvalho, P., B. Oliveira, R. Barros, P. Padrão, P. Moreira, and V.H. Teixeira (2011). Impact of fluid restriction and ad libitum water intake or an 8% carbohydrate-electrolyte beverage on skill performance of elite adolescent basketball players. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 21:214-221.
- Chang, Y.K., J.D. Labban, J.J. Gapin, and J.L. Etnier (2012). The effects of acute exercise on cognitive performance: a meta-analysis. *Brain Res.* 1453:87-101.
- Cheuvront, S.N., and R.W. Kenefick (2014). Dehydration: physiology, assessment, and performance effects. *Compr. Physiol.* 4:257-285.
- Cian, C., N. Koulmann, P.A. Barraud, C. Raphael, C. Jimenez, and B. Melin (2000). Influences of variations in body hydration on cognitive function: Effect of hyperhydration, heat stress, and exercise-induced dehydration. *J. Psychophys.* 14:29-36.
- D'Anci K.E., A. Vibhakar, J.H. Kanter, C.R. Mahoney, and H.A. Taylor (2009). Voluntary dehydration and cognitive performance in trained college athletes. *Percept. Mot. Skills* 109:251-269.
- Davis, J.K., C.M. Laurent, K.E. Allen, J.M. Green, N.I. Stolworthy, T.R. Welch, and M.E. Nevett (2015). Influence of dehydration on intermittent sprint performance. *J. Strength Cond. Res.* 29:2586-2593.
- Devlin, L.H., S.F. Fraser, N.S. Barras, and J.A. Hawley (2001). Moderate levels of hypohydration impairs bowling accuracy but not bowling velocity in skilled cricket players. *J. Sci. Med. Sport* 4:179-187.
- Dougherty, K.A., L.B. Baker, M. Chow, and W.L. Kenney (2006). Two percent dehydration impairs and six percent carbohydrate drink improves boys basketball skills. *Med. Sci. Sports Exerc.* 38:1650-1658.
- Edwards, A.M., M.E. Mann, M.J. Marfell-Jones, D.M. Rankin, T.D. Noakes, and D.P. Shillington (2007). Influence of moderate dehydration on soccer performance: physiological responses to 45 min of outdoor match-play and the immediate subsequent performance of sport-specific and mental concentration tests. *Br. J. Sports Med.* 41:385-391.
- Ely, B.R., K.J. Sollanek, S.N. Cheuvront, H.R. Lieberman, and R.W. Kenefick (2013). Hypohydration and acute thermal stress affect mood state but not cognition or dynamic postural balance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 113:1027-1034.
- Garage, J.P., A.P. De Silva, A.K. Nalliah, and S.D. Galloway (2016). Effects of dehydration on cricket specific skill performance in hot and humid conditions. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 26:531-541.
- Gaoua, N., R.F. de Oliveira, and S. Hunter (2017). Perception, action, and cognition of football referees in extreme temperatures: impact on decision performance. *Front. Psychol.* 8:1479.
- Gopinathan, P.M., G. Pichan, and V.M. Sharma (1988). Role of dehydration in heat stress-induced variations in mental performance. *Arch. Environ. Health* 43:15-17.
- Grego, F., J.M. Vallier, M. Collardeau, C. Rousseu, J. Cremieux, and J. Brisswalter (2005). Influence of exercise duration and hydration status on cognitive function during prolonged cycling exercise. *Int. J. Sports Med.* 26:27-33.
- Hocking, C., R.B. Silberstein, W.M. Lau, C. Stough, and W. Roberts (2001). Evaluation of cognitive performance in the heat by functional brain imaging and psychometric testing. *Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.* 128:719-734.
- Hoffman, J.R., H. Stavsky, and B. Falk (1995). The effect of water restriction on anaerobic power and vertical jumping height in basketball players. *Int. J. Sports Med.* 16:214-218.
- Hoffman, J.R., D.R. Williams, N.S. Emerson, M.W. Hoffman, A.J. Wells, D.M. McVeigh, W.P. McCormack, G.T. Mangine, A.M. Gonzalez, and M.S. Fragala (2012). L-alanyl-L-glutamine ingestion maintains performance during a competitive basketball game. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 9:4.
- Lieberman, H.R. (2007). Cognitive methods for assessing mental energy. *Nutr. Neurosci.* 10:229-242.
- MacLeod, H., and C. Sunderland (2012). Previous-day hypohydration impairs skill performance in elite female field hockey players. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 22:430-438.
- Maughan, R.J., and S.M. Shirreffs (2010). Development of hydration strategies to optimize performance for athletes in high-intensity sports and in sports with repeated intense efforts. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 20(Suppl 2):59-69.
- McDermott, B.P., S.A. Anderson, L.E. Armstrong, D.J. Casa, S.N. Cheuvront, L. Cooper, W.L. Kenney, F.G. O'Connor, and W.O. Roberts (2017). National Athletic Trainers' Association Position Statement: Fluid replacement for the physically active. *J. Athl. Train.* 52:877-895.
- McGregor, S.J., C.W. Nicholas, H.K. Lakomy, and C. Williams (1999). The influence of intermittent high-intensity shuttle running and fluid ingestion on the performance of a soccer skill. *J. Sports Sci.* 17:895-903.
- Nuccio, R.P., K.A. Barnes, J.M. Carter, and L.B. Baker (2017). Fluid balance in team sport athletes and the effect of hypohydration on cognitive, technical, and physical performance. *Sports Med.* 47:1951-1982.
- Owen, J.A., S.J. Kehoe, and S.J. Oliver (2013). Influence of fluid intake on soccer performance in a temperate environment. *J. Sports Sci.* 31:1-10.
- Sawka, M.N., L.M. Burke, E.R. Eichner, R.J. Maughan, S.J. Montain, and N.S. Stachenfeld (2007). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med. Sci. Sports Exerc.* 39:377-390.
- Schmit, C., C. Hausswirth, Y. Le Meur, and R. Duffield (2017). Cognitive functioning and heat strain: Performance responses and protective strategies. *Sports Med.* 47:1289-1302.
- Senwah, N., and F.E. Marino (2006). The combined effects of hydration and exercise heat stress on choice reaction time. *J. Sci. Med. Sport* 9:157-164.
- Thomas, D.T., K.A. Erdman, and L.M. Burke (2016). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *J. Acad. Nutr. Diet.* 116:501-528.
- Wittbrodt, M.T., and M. Millard-Stafford (2018). Dehydration impairs cognitive performance: A meta-analysis. *Med. Sci. Sports Exerc.* 50:2360-2368.
- Wittbrodt, M.T., M.N. Sawka, J.C. Mizelle, L.A. Wheaton, and M.L. Millard-Stafford (2018). Exercise-heat stress with and without water replacement alters brain structures and impairs visumotor performance. *Physiol. Rep.* 6:e13805.
- Yoshida, T., T. Takahashi, S. Nakai, A. Yorimoto, and T. Morimoto (2002). The critical level of water deficit causing a decrease in human exercise performance: a practical field study. *Eur. J. Appl. Physiol.* 87:529-534.
- Zhang, N., S.M. Du, J.F. Zhang, and G.S. Ma (2019). Effects of dehydration and rehydration on cognitive performance and mood among male college students in Cangzhou, China: A self-controlled trial. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 16:1891.