



HIDRATAÇÃO EM MULHERES FISICAMENTE ATIVAS

(Publicado: maio de 2023/ Autor: **Lindsay B. Baker**, PhD)

Lindsay B. Baker, PhD | Instituto Gatorade das Ciências dos Esportes, Valhalla, NY, EUA

PONTOS-CHAVE:

- As mulheres apresentam taxas de sudorese de corpo inteiro (TSCI) e concentrações de sódio no suor mais baixas comparadas aos homens, mas na maioria dos contextos, estas diferenças são atribuídas às menores cargas absolutas de atividade. Durante a fase lútea, há um aumento no limiar de temperatura corporal interna para indicar o início da transpiração, mas não há diferenças na TSCI ao longo das fases do ciclo menstrual.
- Uma hipohidratação significativa, antes e durante o exercício, é menos comum em mulheres do que em homens. A hiponatremia associada ao exercício é mais comum em mulheres, mas é mais atribuída ao comportamento relacionado à ingestão de líquidos, ao menor tamanho corporal e aos tempos de corrida mais longos, do que ao sexo exatamente.
- Durante a fase lútea, o estrogênio reduz o limiar osmótico para a sede e para a liberação de vasopressina, e a progesterona pode aumentar a produção de aldosterona. No entanto, a fase do ciclo menstrual parece não ter impacto na reidratação ad libitum, no balanço hídrico geral ou na retenção de líquidos no repouso e durante o exercício.
- As mulheres exibem respostas fisiológicas semelhantes aos homens na desidratação durante o estresse térmico relacionado ao exercício, quando comparadas em relação ao condicionamento, à aclimação ao calor e porcentagem de gordura corporal.
- A hipohidratação ($\geq 2\%$ de perda de massa corporal) pode afetar, de maneira adversa, a habilidade no esporte coletivo em questão, a performance cognitiva e em endurance nas mulheres, assim como acontece com os homens, apesar do menor número de estudos conduzidos com atletas do sexo feminino.

INTRODUÇÃO

Uma quantidade considerável de pesquisas foi conduzida para entender a regulação de água corporal e os efeitos da hipohidratação na termorregulação, na função cardiovascular e na performance durante o exercício realizado no calor. No entanto, as mulheres têm sido subrepresentadas nas pesquisas sobre hidratação, contabilizando menos que aproximadamente 30% dos indivíduos testados nos estudos recentes (Nuccio et al., 2017). Com base na literatura existente, recomenda-se que as estratégias para a reposição de líquidos devem ser personalizadas de acordo com as taxas de sudorese e com as condições de exercícios individuais, com o objetivo de prevenir 2%, ou mais, da perda de massa corporal (PMC) para manter a performance (McDermott et al., 2017). Contudo, não está claro, se considerações adicionais devem ser feitas para o sexo feminino ao se desenvolver um plano personalizado de reposição de líquidos. O objetivo deste artigo do Sports Science Exchange (SSE) é fornecer uma revisão da literatura dos estudos sobre hidratação conduzidos com mulheres e sugerir onde pesquisas futuras podem ser necessárias. Serão discutidos os possíveis efeitos da fase do ciclo menstrual, assim como as diferenças entre homens e mulheres, enquanto também distinguindo as diferenças entre populações e as diferenças reais entre os sexos. Essa revisão irá incluir a perda de líquidos (a taxa de sudorese e a composição do suor), a reidratação (ingestão, absorção e retenção de líquidos) e os efeitos fisiológicos e na performance resultantes da hipohidratação durante o exercício. Aqui, o foco principal são os indivíduos adultos do sexo feminino (mulheres) com ciclos menstruais normais. Há poucas pesquisas sobre a hidratação relacionada ao uso de contraceptivos hormonais ou irregularidades do ciclo menstrual.

FISIOLOGIA FEMININA E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Em média, as mulheres têm menor tamanho corporal e maior porcentagem de gordura em comparação com os homens. Como o

tecido adiposo tem uma menor porcentagem de água (~10%) do que massa livre de gordura (~74%), a água corporal constitui uma porcentagem geral menor de massa das mulheres (Visser et al., 1997). Logo, a perda de água por meio da transpiração representa uma porcentagem ligeiramente maior de perda de água corporal em mulheres do que em homens (Tabela 1).

Como população, as mulheres também apresentam uma menor capacidade aeróbica e um estado de aclimação ao calor pior, ambos os quais influenciam a perda de suor termorregulatória e outras respostas fisiológicas ao estresse térmico relacionado ao exercício (Kenney, 1985). Portanto, é importante considerar o condicionamento e a aclimação ao calor quando se interpretar resultados de estudos comparando respostas de homens às das mulheres relacionados ao estresse térmico proveniente do exercício e a hipohidratação.

	Homem 75kg – 10% GC	Mulher 55kg – 25% GC
TAC – Total de Água Corporal (L)	49,75	30,40
TAC (L) após 2% de PMC pela transpiração	48,25	29,30
Porcentagem de alteração na TAC com 2% de PMC	-3,0%	-3,6%

TAC, total de água corporal (estimado como 0,737 de massa livre de gordura) GC, gordura corporal; PMC, perda de massa corporal

Tabela 1: cálculos experimentais para ilustrar que uma certa porcentagem de perda de massa corporal por meio da transpiração representa uma porcentagem ligeiramente maior de água corporal total nas mulheres em comparação aos homens, devido às diferenças na composição corporal.

Flutuações nas concentrações dos hormônios reprodutivos femininos ocorrem ao longo do ciclo menstrual e influenciam certos aspectos da regulação da temperatura corporal. Por exemplo, as mulheres têm uma temperatura corporal interna maior no repouso e durante o exercício no meio da fase lútea em comparação com o início da fase folicular (Stephenson & Kolka, 1985). A maior temperatura corporal interna é mediada provavelmente pelas maiores concentrações de progesterona durante a fase lútea, o que aumenta o valor de referência para o início dos mecanismos de dissipação de calor. Isso significa que as respostas vasodilatadoras e de transpiração cutâneas são iniciadas aproximadamente em uma temperatura 0,5°C mais alta em comparação com a fase folicular inicial (Kolka & Stephenson, 1997). Há alguns efeitos mediados por hormônios na regulação de água corporal e eletrólitos. Durante a

fase lútea, o estrógeno pode reduzir o limiar osmótico para a sede e para a liberação da vasopressina (Stachenfeld et al., 1999) e a progesterona pode aumentar a produção de aldosterona (Quinkler et al., 2002). Enquanto há efeitos claros dos hormônios sexuais femininos na temperatura corporal e regulação de líquidos, eles não necessariamente se traduzem em diferenças significativas na perda de suor geral ou no balanço hídrico e eletrolítico entre homens e mulheres, ou ao longo do ciclo menstrual. As seções restantes deste artigo do SSE irão revisar os estudos disponíveis na literatura investigando as perdas de suor, a composição do suor, a reidratação e os efeitos fisiológicos e de performance da hipohidratação em mulheres. Estes achados estão resumidos na Figura 1.

	Diferenças entre os sexos	Efeitos do ciclo menstrual
 <p>Taxa de Sudorese</p>	<p>Mulheres têm uma capacidade de transpiração menor (em cargas de atividade muito altas e ambientes quentes e secos). Fora isso, menores taxas de sudorese observadas nas mulheres podem ser normalmente atribuídas a menor massa corporal e carga absoluta de atividade.</p> <p>As mulheres têm menor produção de suor por glândula e maior densidade GSAC. Isso se traduz para uma maior eficiência de transpiração, o que pode levar a menos “suor desperdiçado” (pingar) em ambientes úmidos.</p> <p>As mulheres tendem a ter [Na⁺] e [Cl⁻] no suor ligeiramente menores como população, mas não houve diferenças quando se considerou a carga absoluta de atividade e/ou a taxa de sudorese.</p>	<p>Durante a fase lútea, há um aumento no limiar (valor de referência da Ti) para o início da transpiração e/ou sensibilidade à transpiração reduzida. Contudo, não há diferenças na TSCI durante o exercício ao longo das fases do ciclo menstrual.</p>
<p>Composição do Suor</p>		<p>Nenhum.</p>
 <p>Ingestão de Líquidos</p>	<p>Hipohidratação significativa antes e durante o exercício é menos comum em mulheres. A HAE é mais comum em mulheres, mas está mais relacionada ao comportamento de ingestão de líquidos, menor tamanho corporal e tempos de corrida mais longos, do que o sexo por si só.</p>	<p>Menor limiar osmótico para a sede ocorre na fase lútea, mas a fase do ciclo menstrual não parece impactar no balanço hídrico geral.</p>
<p>Retenção de Líquidos</p>	<p>Nenhuma</p>	<p>Durante a fase lútea, o estrógeno pode reduzir o limiar osmótico para a liberação de AVP e a progesterona pode aumentar a produção de aldosterona, mas não há efeitos das fases do ciclo menstrual na retenção de líquido no repouso ou durante o exercício.</p>
 <p>Respostas Fisiológicas à Desidratação</p>	<p>As mulheres normalmente têm maior porcentagem de gordura corporal e, assim, menor porcentagem de água corporal. A perda de água pelo suor pode representar uma porcentagem maior do volume plasmático total. Contudo, as mulheres exibem respostas fisiológicas semelhantes (FC e Ti) à desidratação durante o estresse térmico induzido pelo exercício em comparação com os homens, quando há correlação para o condicionamento, aclimação ao calor e porcentagem de gordura.</p>	<p>Nenhum.</p>
 <p>Performance e Cognição</p>	<p>A hipohidratação pode afetar de maneira adversa a habilidade do esporte coletivo, a cognição e a performance em endurance em mulheres, assim como acontece com os homens (quando a PMC é > 2% da PMC). Alguns estudos sugerem que as mulheres podem ser mais suscetíveis a reduções na performance cognitiva relacionadas à desidratação, mas mais pesquisas são necessárias.</p>	<p>N/A</p>

AVP, arginina vasopressina; PMC, perda de massa corporal; HAE, hiponatremia associada ao exercício; FC, frequência cardíaca; Ti, temperatura corporal interna; Na, sódio; Cl, cloreto; GSAC, glândula sudorípara ativada pelo calor; TSCI, taxa de sudorese de corpo inteiro; NA, disponibilidade insuficiente de informações

Figura 1: um resumo da literatura investigando o efeito do sexo e da fase do ciclo menstrual nos resultados relacionados à hidratação. Veja o texto para referências auxiliares.

PERDA DE LÍQUIDOS

Densidade da Glândula Écrina e Distribuição Regional do Suor

Durante o exercício, o calor é produzido pela musculatura contrátil como subproduto do metabolismo. A evaporação do suor é a via principal de perda de calor para manter o equilíbrio térmico durante os exercícios. A taxa de sudorese de corpo inteiro (TSCI) é um produto da densidade das glândulas sudoríparas écrinas ativas e a taxa de secreção por glândula em resposta ao estímulo térmico. A densidade da glândula sudorípara é geralmente maior em mulheres do que em homens (devido, em parte, à menor área corporal). Contudo, a distribuição das glândulas sudoríparas nas mulheres tem um padrão semelhante ao encontrado nos homens, sendo as costas a área que apresenta maior densidade e o peitoral a menor (Bar-Or et al., 1968). Em relação às taxas de sudorese por região, homens e mulheres apresentam regiões semelhantes de “alta” e “baixa” transpiração, com as taxas mais altas sendo nas costas e as taxas mais baixas nas extremidades (Baker et al., 2018). No entanto, há ligeiras diferenças entre os sexos no padrão geral de distribuição da transpiração. Por exemplo, um estudo encontrou que homens apresentaram uma distribuição maior de suor em direção ao torso, enquanto nas mulheres, os braços, mãos e pés contribuíram relativamente mais para a perda total de suor (Smith & Havenith, 2012). Curiosamente, as mulheres podem usar uma porcentagem maior de suas glândulas de suor no geral, enquanto excretam menor quantidade de suor por glândula. Essa maior eficiência da transpiração pode reduzir a quantidade de “suor desperdiçado” – por exemplo, o suor que pinga da pele e, portanto, não contribui para o resfriamento evaporativo do corpo. De uma perspectiva da hidratação, menos suor desperdiçado pode ser uma vantagem para as mulheres em ambientes quentes e úmidos, condições essas nas quais o suor pingando ocorre mais provavelmente devido a um gradiente de pressão de vapor reduzido para evaporação. Por terem uma taxa de sudorese reduzida em condições quentes e úmidas, as mulheres perdem menor quantidade de líquido e limitam a hipohidratação, enquanto os homens podem pingar mais suor de seus corpos e se tornar mais desidratados (Avellini et al., 1980; Shapiro et al., 1980).

Taxa de Sudorese

É relatado frequentemente que os homens exibem taxas de sudorese mais altas que as mulheres. Contudo, pesquisas investigando o efeito do sexo na perda de suor durante o exercício têm sido frequentemente confundidos pela intensidade do exercício prescrito para comparar os grupos. As TSCI mais altas observadas em homens (exemplo, em estudos transversais) podem ser normalmente atribuídas a maiores massas corporais e maiores intensidades absolutas de exercícios (Sawka et al., 2007; Smith & Havenith, 2012). Estes fatores aumentam a produção de calor metabólico, o que por sua vez aumenta as necessidades evaporativas para o equilíbrio térmico (quantidade de suor evaporado necessário para regular a temperatura corporal interna) (Gagnon et al., 2013).

Estudos recentes isolaram o efeito do sexo das diferenças na produção metabólica de calor em adultos, equiparando os indivíduos por massa corporal, área de superfície da pele e produção metabólica de calor. Estas pesquisas sugerem que a produção de suor de corpo inteiro é semelhante entre homens e mulheres na maioria dos contextos – como, com taxas de produção de calor fixas, de até 250 W/m². Porém, com maiores cargas de calor, as mulheres apresentam menor capacidade de transpiração em comparação aos homens. Estas diferenças entre os sexos são evidentes apenas acima de uma certa combinação de condições ambientais (35 – 40°C, 12% de umidade relativa) e produção metabólica de calor (300 – 500 W/m²) (Gagnon & Kenny, 2012; Jay, 2014). A diferença entre os sexos na capacidade máxima de transpiração acontece devido às propriedades das glândulas sudoríparas relacionadas à responsividade colinérgica, que leva a uma menor produção de suor por glândula. No entanto, não são aparentes quaisquer evidências de contextos reais sobre uma desvantagem termorregulatória que leva a uma intolerância ao calor em mulheres durante os exercícios. Outros trabalhos são sugeridos ao leitor para mais informações sobre as comparações entre os sexos em respeito à termorregulação e à tolerância ao calor (Gifford et al., 2019; Yanovich et al., 2020). De maneira geral, as mulheres não estão em desvantagem termorregulatória em comparação com os homens na maioria das atividades e condições ambientais normalmente encontradas.

Em relação à TSCI, é importante destacar a variação interindividual considerável, assim como as possíveis diferenças entre os sexos. A Figura 2 mostra histogramas de frequência para a TSCI em participantes homens (1565 testes de sudorese) e mulheres (379 testes de sudorese) medidos em um grande conjunto de atividades e esportes, e condições ambientais, no laboratório e em campo pelo Instituto Gatorade de Ciências dos Esportes (GSSI) (Baker et al., 2022a). Em média, a TSCI foi menor em mulheres (0,8 L/h) do que em homens (1,2 L/h), mas a diferença média entre os sexos (0,4 L/h) foi muito menor do que o alcance total (> 2 L/h) na TSCI. Logo, chega-se à conclusão de que, independentemente do sexo, avaliações da TSCI devem ser conduzidas para se aprender sobre as necessidades de reposição individual de líquidos.

Diversos estudos investigaram a resposta da transpiração ao estresse térmico resultante do exercício em relação ao ciclo menstrual. De maneira geral, este estudo sugere que, apesar do ciclo menstrual poder modular o controle da transpiração, não há efeitos na TSCI. Durante a fase lútea, há um aumento no limiar da temperatura corporal interna para indicar o início da transpiração regional durante o estresse térmico induzido pelo exercício, particularmente em mulheres não-treinadas (Kolka & Stephenson, 1989; Kuwahara et al., 2005). No entanto, diversos estudos não relataram efeitos dos hormônios sexuais femininos na TSCI (Stachenfeld & Taylor, 2009), nem diferenças na TSCI ao longo das fases do ciclo menstrual (Freemas et al., 2023; Giersch et al., 2020; Notley et al., 2019). Este achado é consistente para uma série de diferentes intensidades de exercício e condições ambientais.

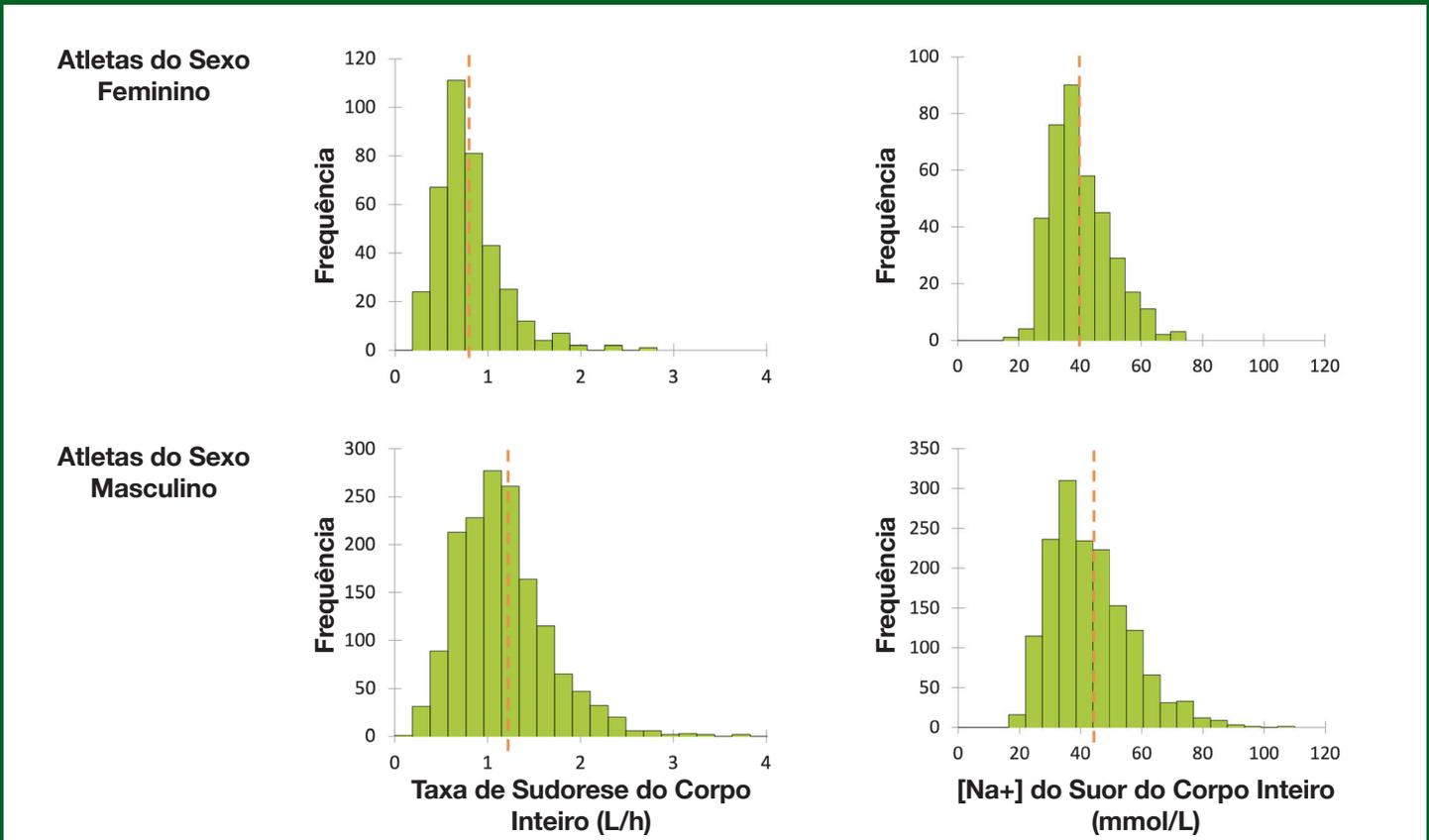


Figura 2: histogramas de frequência mostrando a taxa de sudorese e a concentração de sódio no suor em participantes homens (1565 testes de sudorese) e mulheres (379 testes de sudorese) medidos em um grande conjunto de esportes e atividades e condições ambientais, no laboratório e em campo. A média é representada pela linha tracejada laranja em cada painel. Dados tirados de Baker et al., 2022a, com permissão.

Concentrações de Eletrólitos do Suor

Na população, as concentrações de sódio e de cloreto do suor ($[Na^+]$ e $[Cl^-]$) tendem a ser ligeiramente menores em mulheres do que em homens (Baker et al., 2018; Meyer et al., 1992), devido, em parte, ao fator de confusão da intensidade absoluta do exercício e as diferenças na taxa de sudorese entre os sexos (como discutido acima). A taxa de sudorese é um fator importante determinando as $[Na^+]$ e $[Cl^-]$ do suor. Isto porque a taxa de reabsorção de Na^+ e Cl^- no ducto de suor é fluxo-dependente. À medida que a taxa de sudorese aumenta, a taxa de secreção de Na^+ e Cl^- no suor primário aumenta proporcionalmente mais que a taxa de reabsorção de Na^+ e Cl^- ao longo do ducto e, portanto, leva a maiores concentrações de Na^+ e Cl^- no suor final. Logo, há uma relação direta entre a taxa de sudorese e as concentrações de Na^+ e Cl^- no suor (Buono et al., 2008). Devido à relação bem estabelecida entre a taxa de fluxo de suor e as concentrações de eletrólitos no suor, o que se segue é que quaisquer fatores que estimulem aumentos agudos na taxa de sudorese, como uma maior intensidade de exercícios, resultariam em maiores concentrações de Na^+ e Cl^- no suor. Desta forma, quando os estudos contabilizam a intensidade do exercício e/ou a taxa de sudorese, não há efeito dos sexos nas $[Na^+]$ e $[Cl^-]$ do suor (Baker et al., 2022a). Também não há efeitos dos hormônios sexuais femininos na $[Na^+]$ do suor (Stachenfeld & Taylor, 2009). Assim como acontece com a TSCI, é importante notar a variabilidade interindividual considerável na concentração de Na^+ do suor. Como ilustrado na Figura 2, a concentração média de Na^+ do suor medida em diversas atividades

e esportes e condições ambientais foi menor em mulheres (40 mmol/L) em comparação com os homens (43 mmol/L). Porém, a diferença média entre os sexos (3 mmol/L) foi muito menor do que o alcance total (> 80 mmol/L) na $[Na^+]$ do suor (Baker et al., 2022a). Devido à variação na $[Na^+]$ do suor, assim como na TSCI, o teste de sudorese individual deve ser conduzido para estimar as perdas de Na^+ no suor em cada contexto (exemplo, indoor/outdoor, estação de verão/outono) e condições do exercício (prática leve/alta intensidade) para direcionar os planos de reposição de líquidos. Enquanto a intensidade dos exercícios e os contextos são os principais determinantes da TSCI e da concentração de Na^+ no suor, outros fatores como a aclimação ao calor e o treino aeróbico também apresentam papéis importantes na variação intra e interindividual para ambos, homens e mulheres.

PROCESSO DE REIDRATAÇÃO

Ingestão de Líquidos e Balanço Hídrico

Regulação da Sensação de Sede. A hipohidratação induzida pelo exercício resulta em hiperosmolalidade (maior osmolalidade do plasma) e hipovolemia (menor volume do plasma), porque o suor é hipotônico em relação ao sangue (Kozlowski & Saltin, 1964). Tanto a osmolalidade quanto o volume do plasma são rigorosamente regulados por ajustes, como reflexos mediados pelos nervos e hormônios, para ajudar a restaurar a água corporal. Por exemplo, em resposta a hiperosmolalidade, a sede fisiológica é estimulada para aumentar a ingestão de líquidos. O início da sede ocorre uma vez que a osmolalidade do plasma atinge um certo nível

ou ponto específico. Apesar de haver uma variabilidade interindividual significativa, o limiar osmótico médio para a sede é semelhante entre homens, e mulheres durante sua fase folicular. Durante a fase lútea, o estrógeno medeia uma alteração reduzindo o limiar osmótico (em ~5 mosm/kg) para a sensação de sede nas mulheres (Stachenfeld, 2014; Vokes et al., 1988). Pode-se levantar uma hipótese de que a alteração do limiar, ou ponto específico, poderia levar a uma maior ingestão de líquidos durante a fase lútea em comparação com a folicular. No entanto, um estudo recente não encontrou diferenças na ingestão de líquidos ad libitum durante o exercício entre as fases folicular inicial, folicular tardia e o meio da fase lútea do ciclo menstrual (Freemas et al. 2023). Além disso, conforme discutido nas próximas seções, parece haver efeitos mínimos do ciclo menstrual, ou sexos, no balanço hídrico geral. Onde são observadas diferenças, as evidências apontam para explicações físicas e comportamentais, ao invés de alterações mediadas por hormônios na sede fisiológica.

Comportamento da Ingestão de Líquidos Antes do Exercício e Estado de Hidratação

Diversos estudos tentaram estimar o estado de hidratação e o indicador de adequação do comportamento de ingestão de líquidos anteriormente uma sessão de treino. Para isso, os investigadores especificamente mediram a gravidade específica da urina (GEU) de amostras coletadas dos atletas antes do exercício. Apesar da avaliação da GEU em campo apresentar limitações como um marcador do estado de hidratação, ele fornece uma indicação de se os mecanismos renais de conservação de água foram ativados (como sugerido por uma alta GEU, $\geq 1,020$) (veja Baker et al., 2022a para revisão). Acima de tudo, estudos sugerem que os valores de GEU $\geq 1,020$ podem ser menos prevalentes em atletas do sexo feminino. Por exemplo, em uma primeira divisão universitária da Associação Atlética Universitária Nacional (NCAA) nos Estados Unidos, 47% dos atletas homens ($n=138$) tiveram uma GEU pré-prática $\geq 1,020$, enquanto apenas 28% das amostras de urina das atletas mulheres ($n=125$) foram $\geq 1,020$ (Volpe et al., 2009). Em uma revisão abrangente com 24 estudos que mediram a GEU pré-exercício em jogadores de futebol, uma GEU elevada foi encontrada em 66% dos jogadores homens ($n=468$) e apenas 47% das jogadoras mulheres ($n=79$) (Chapelle et al., 2020). No entanto, em um outro estudo, 79% das amostras de jogadores de basquete da segunda divisão da NCAA tiveram uma GEU $> 1,020$, anteriormente ao condicionamento fora da temporada e às práticas pré-temporada, sem nenhuma diferença significativa entre homens ($n=11$) e mulheres ($n=11$) (Thigpen et al., 2014).

Ingestão de Líquidos no Exercício e Estado de Hidratação

Quando há uma falta de correlação entre a perda de suor e a ingestão de líquidos, este desequilíbrio leva a uma deficiência de água corporal (hipohidratação) ou a um excesso (hiper-hidratação). Alterações agudas no balanço hídrico (estado de hidratação) durante e, após, o exercício são avaliadas pela comparação da massa corporal do indivíduo a valores de referência ou valores pré-exercício. Por exemplo, 2% de hipohidratação é definida como a deficiência de água igual a 2% da massa corporal. Este método apresenta limitações já que uma pequena porção da perda de massa corporal durante a atividade física acontece de fontes não provenientes da água (como, a oxidação de substratos), mas ele é o indicador mais simples e mais utilizado em tempo real.

Diversos estudos observacionais de campo mediram a ingestão de líquidos ad libitum e o balanço hídrico durante o exercício em mulheres. Em esportes coletivos ou esportes envolvendo habilidades, o nível de hipohidratação acumulado durante o exercício é normalmente

leve, com o balanço hídrico médio relatado ser de menos de 1-2% da PMC (Nuccio et al., 2017). Contudo, quando uma variação total na alteração de massa corporal foi relatada, observou-se uma hipohidratação significativa (até 2-2,5%) em alguns atletas de elite do sexo feminino de cricket, hóquei de campo e basquete durante competições (Brandenburg & Gaetz, 2012; MacLeod & Sunderland, 2009; Soo & Naughton, 2007).

Em esportes de endurance, como maratonas e marcha atlética, a perda de massa corporal tende a ser maior em homens em comparação com as mulheres (Periard et al., 2017; Rehrer et al., 1989). Contudo, uma hipohidratação significativa ($> 2\%$ da PMC) também foi relatada em atletas mulheres de endurance (Rehrer et al., 1989). Por outro lado, a incidência de hiponatremia associada ao exercício (HAE; com sódio sanguíneo < 135 mmol/L) é maior em mulheres do que em homens (Almond et al., 2005). A causa primária de HAE é a sobrecarga de água (ingestão excessiva de líquidos em relação às perdas de suor durante o exercício) e estudos encontraram que as mulheres tendem a ingerir líquidos em excesso mais que os homens (Baker et al., 2005; Hew, 2005). Outros fatores que podem aumentar o risco das mulheres para HAE incluem uma menor massa corporal e menor quantidade total de água corporal (Stachenfeld & Taylor, 2009), índices de massa corporal extremos e tempos mais longos em corridas de maratona (Almond et al., 2005). Quando estes fatores são contabilizados para análises estatísticas, a diferença entre os sexos na incidência de HAE é zerada (Almond et al., 2005).

De maneira geral, há uma variabilidade considerável no comportamento de ingestão de líquidos, com algumas mulheres experimentando hipohidratação e outras superestimando suas necessidades de líquidos durante o exercício. Logo, deve-se ter cuidado para se determinar as necessidades individuais de reposição de líquidos para um determinado evento de endurance. Isso vai auxiliar fornecendo informações para uma estratégia de ingestão de líquidos apropriada, para que uma ingestão de líquidos significativamente excessiva, ou consideravelmente menor, possa ser evitada.

Oferta de Líquidos

Depois da ingestão de líquidos, o próximo passo crítico no processo de reidratação é a oferta de líquidos – ou seja, o esvaziamento gástrico e a absorção intestinal do líquido para a circulação. Não está claro se a taxa de esvaziamento gástrico dos líquidos ingeridos é influenciada pelo sexo, já que os poucos estudos disponíveis relataram resultados ambíguos com indivíduos saudáveis em repouso (Caballero-Plasencia et al., 1999; Hellmig et al., 2006). Foi relatado de maneira sólida, no entanto, que o esvaziamento gástrico no repouso não é afetado pela fase do ciclo menstrual (Gill et al., 1987; Horowitz et al., 1985). Nenhum estudo investigou os efeitos do sexo ou da fase do ciclo menstrual, no esvaziamento gástrico de líquidos durante o exercício. Além disso, nenhum estudo do conhecimento da autora, avaliou os efeitos do sexo ou da fase do ciclo menstrual na absorção intestinal em repouso ou durante o exercício. Enquanto o efeito dos sexos na oferta de líquidos não foi bem estudado, fica claro que a composição do líquido ingerido (a quantidade e o tipo de carboidrato que ele contém) tem um papel significativo na taxa de esvaziamento gástrico e na absorção intestinal (Leiper, 2015). Por exemplo, bebidas hipertônicas com relativamente alta densidade energética ($\geq 8\%$ de carboidratos) reduzem a taxa de esvaziamento gástrico e a presença do líquido na corrente sanguínea. Por sua vez, uma oferta mais lenta está associada a um maior risco de desconforto gastrointestinal durante o exercício intermitente, de alta intensidade. É importante notar que o efeito das bebidas mais concentradas em relação à oferta de líquidos foi demonstrado em homens e mulheres (Evans et al., 2011; Shi et al., 2004).

Retenção de Líquidos

Quando o líquido é absorvido para a circulação, a próxima etapa importante no processo de reidratação é a retenção do líquido ingerido no corpo, particularmente no espaço vascular, para restaurar completamente o balanço hídrico. A arginina vasopressina (AVP) e a aldosterona têm papéis importantes na retenção de líquidos por meio do aumento da reabsorção renal de água e sódio, respectivamente. Durante a fase lútea, o estrógeno medeia uma alteração reduzindo o limiar osmótico para a liberação de AVP (Stachenfeld et al., 1999) e acredita-se que a progesterona medeia um aumento na concentração de aldosterona (Quinkler et al., 2002). Espera-se que essas alterações possam resultar em maior retenção de líquidos e sódio em mulheres durante a fase lútea. Contudo, diversos estudos não encontraram efeitos referentes ao sexo (Sollanek et al., 2018), hormônios sexuais (Calzone et al., 2001; Rodriguez-Giustiniani & Galloway, 2019; Stachenfeld et al., 1999) ou fase do ciclo menstrual (Freemas et al., 2023; Maughan et al., 1996) no volume plasmático ou na retenção de líquido no corpo inteiro. Estes resultados sugerem que os hormônios sexuais femininos alteram o ponto osmótico atuante para o equilíbrio de água corporal, mas não leva a uma maior retenção de líquidos. De maneira conjunta, a literatura disponível sugere que a reposição das perdas de suor induzidas pelo exercício não é afetada pelo ciclo menstrual normal em mulheres eumenorreicas. Contudo, como muitas mulheres ativas podem ter amenorreia ou oligomenorreia devido a distúrbios hormonais, as respostas destas mulheres podem ser diferentes e necessitam de pesquisas adicionais (Rodriguez-Giustiniani et al., 2022).

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS À HIPOHIDRATAÇÃO

A hipohidratação está associada com as funções circulatórias e termorregulatórias prejudicadas durante o exercício, particularmente, quando acompanhada pelo estresse térmico (Sawka et al., 2007). A hipovolemia leva à redução no volume sistólico e um aumento compensatório na frequência cardíaca para manter um certo débito cardíaco durante o exercício. A maior osmolalidade do plasma reduz a capacidade de transpiração e atenua o fluxo sanguíneo na pele. Por sua vez, uma deficiência nos mecanismos de dissipação de calor resulta em um aumento mais significativo na temperatura corporal interna para um dado ritmo de atividade em comparação com a euhidratação. A hipohidratação também está associada com um declínio no fluxo sanguíneo nos músculos e um metabolismo de energia alterado, incluindo elevação no lactato, na gliconeogênese muscular e na oxidação de carboidratos durante o exercício prolongado (Gonzalez-Alonso et al., 1998; Sawka et al., 2007). Apesar da maioria dos estudos terem sido conduzidos com participantes homens, respostas fisiológicas semelhantes à hipohidratação também foram observadas em mulheres (Logan-Sprenger et al., 2012; Watanabe et al., 2020; Wickham et al., 2021). Poucos estudos, no entanto, fizeram comparações diretas para investigar possíveis diferenças entre os sexos nas respostas fisiológicas à hipohidratação. Sawka e colaboradores investigaram os efeitos de 5% de PMC em homens e mulheres durante o exercício em condições moderadas, quente e seca, e quente e úmida. Os investigadores não encontraram diferenças entre os sexos relacionadas às alterações no volume plasmático, na frequência cardíaca, na temperatura retal ou na temperatura da pele nestes estudos (Cadarette et al., 1984; Sawka et al., 1983). Uma consideração essencial é de que os participantes foram aclimatados ao calor anteriormente ao teste. Além disso, homens e mulheres foram correlacionados para porcentagem de gordura corporal e VO₂max, removendo, portanto, quaisquer efeitos destes fatores de confusão. O equilíbrio na pesquisa também sugere não haver diferenças nas alterações do volume plasmático entre as fases do ciclo menstrual, durante o exercício (Rodriguez-Giustiniani et al., 2022).

Um estudo comparou o efeito da hipohidratação leve nas respostas

da temperatura corporal interna ao estresse térmico induzido pelo exercício, em homens e mulheres (Giersch et al., 2021). Neste estudo, os indivíduos foram solicitados a restringir líquidos por 24 horas antes do exercício intervalado (dois blocos de 30 min de exercícios, separados por 15 minutos de descanso). Não houve efeitos do sexo ou da fase do ciclo menstrual, no nível de hipohidratação alcançada (~1% de PMC). No entanto, quando mulheres hipohidratadas sofreram um aumento mais rápido na temperatura retal no primeiro bloco de exercícios, em comparação com os homens (0,06 °C/min vs. 0,03 °C/min), não houve diferenças entre a fase folicular tardia e o meio da fase lútea. Estes resultados parecem sugerir que as mulheres podem ser mais sensíveis aos efeitos termorregulatórios da hipohidratação durante os estágios iniciais do exercício realizado no calor (Giersch et al., 2021). É importante notar, contudo, que neste estudo homens e mulheres não foram correlacionados para o condicionamento aeróbico e as mulheres se exercitaram em uma maior porcentagem das suas VO₂max. Estes fatores podem explicar, em parte, as diferenças entre os sexos em relação às respostas da temperatura retal observadas neste estudo. No conjunto, o número limitado de estudos disponível sugere efeitos mínimos do sexo nas respostas fisiológicas ao exercício em um estado de hipohidratação.

PERFORMANCE DO EXERCÍCIO

Atletas do sexo feminino são subrepresentadas em estudos investigando os efeitos da hipohidratação na performance do exercício. De acordo com uma revisão da literatura, apenas 30% dos estudos sobre hidratação e performance em esportes coletivos incluíram atletas do sexo feminino (Nuccio et al., 2017). Em meta-análises de ciclismo, as mulheres representaram 10-18% de todos os indivíduos (Goulet, 2011; Holland et al., 2017). Além disso, as mulheres representaram apenas 6% dos participantes nos estudos de uma meta-análise sobre a hipohidratação em resistência muscular, força, potência e capacidade anaeróbica, e habilidade no salto vertical (Savoie et al., 2015).

Com base nos estudos com a inclusão de mulheres, parece que a hipohidratação prejudica a performance, assim como faz com os homens. Ou seja, 2% ou mais da PMC está associada com endurance e performance em esportes coletivos prejudicados, assim como alguns aspectos da força e potência anaeróbica. Por exemplo, os tempos em uma corrida em trilha de 12 km realizada no calor foram mais lentos quando os corredores (9 homens, 8 mulheres) estavam hipohidratados (4.3% de PMC), do que quando eles foram permitidos ingerir líquidos ad libitum (2,1% de PMC). Os autores relataram que não houve diferenças entre os sexos em termos de como a hipohidratação impactou os resultados de performance (Casa et al., 2010). Em um outro estudo de caso que incluiu ambos, homens (n=6) e mulheres (n=2), 3% de PMC prejudicou a performance em endurance durante um teste de tempo de ciclismo de 30 minutos, em condições ambientais moderadas, mas não frias (Cheuvront et al., 2005). Pesquisas com atletas do sexo feminino encontraram resultados ambíguos em respeito aos efeitos da hipohidratação na performance em esportes coletivos, mas em última análise, sugere que 2%, ou mais, de PMC pode prejudicar a habilidade, agilidade e tomada de decisões. Estudos com jogadoras de basquete encontraram que 2,1% e 2,3% de PMC foram associadas com uma menor porcentagem na conquista de objetivos em quadra (Brandenburg & Gaetz, 2012) e prejudicaram a agilidade reativa na parte inferior do corpo (Hoffman et al., 2012), respectivamente, em comparação com o estado de euhidratação. 2% de PMC aumentou o tempo de tomada de decisões em jogadores de hóquei de campo (MacLeod & Sunderland, 2012), enquanto 2,2% e 2,7% de PMC não apresentaram efeitos na performance de habilidades no futebol (Ali et al., 2011) ou no tênis (Burke & Ekblom, 1984), respectivamente.

Uns poucos estudos testaram o efeito da hipohidratação na força muscular,

endurance e potência em mulheres. Por exemplo, em mulheres treinadas para resistência, 3% de PMC tiveram um impacto negativo na performance em supino deitado com barra com 1 repetição máxima e nas sensações perceptivas de recuperação, enquanto outras medidas incluindo leg press com 1 repetição máxima e altura do salto vertical não foram impactadas pela hipohidratação (Gann et al., 2021). Em um estudo com homens (n=5) e mulheres (n=5) fisicamente ativos, 4% de PMC reduziram a resistência muscular durante exercício de extensão de joelho em uma única perna (Montain et al., 1998). Em um outro estudo, a hipohidratação leve induzida pela exposição à sauna reduziu a força de explosão durante saltos com agachamento em mulheres (1,4% de PMC), mas não em atletas homens (1,8% de PMC). Curiosamente, a redução na performance em saltos com agachamento foi linearmente relacionada à porcentagem de PMC entre as seis mulheres testadas (Gutierrez et al., 2003). Finalmente, em jogadoras de hóquei no gelo, 1,7% de PMC levaram a um menor resultado na potência em sprints, durante um protocolo de ciclismo de alta intensidade e intermitente (Driscoll et al., 2020).

SAÚDE EM GERAL

A Ingestão Adequada (AI) para a água total do Instituto de Medicina dos Estados Unidos (IOM), com base na média de ingestão total de água dos dados da Pesquisa Nacional Americana de Avaliação da Saúde e Nutrição, é de 2,7 L/dia para mulheres. A Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA) define a Ingestão Adequada para a água total em 2,0 L/dia para mulheres. Novas hipóteses sugerem que a ingestão habitual de líquidos abaixo da ideal pode estar associada com um risco maior para certas condições agudas e doenças crônicas (Kavouras, 2019; Perrier, 2017). Ao leitor é sugerido o artigo SSE #223 (GSSI) sobre a “Hidratação para a Saúde e Bem-estar” (Baker et al., 2022b) para uma revisão mais detalhada deste tópico. Uma condição de saúde particularmente relevante às atletas do sexo feminino são as infecções do trato urinário (ITUs). Aproximadamente metade das mulheres adultas terão ao menos uma ITU em suas vidas, 27% delas terão recorrência confirmada em 6 meses. Alguns estudos descritivos encontraram que uma menor ingestão diária de líquidos ($\leq 1,0 - 1,4$ L/dia) foi associada com um risco maior para ITUs (Nygaard & Linder, 1997; Vyas et al., 2015). Aumentar a ingestão de líquidos aumenta o fluxo de urina, o que se acredita ajudar a prevenir o desenvolvimento de ITUs por lavar o trato urinário das bactérias. Em um teste controlado-randomizado com 140 mulheres na pré-menopausa sofrendo de cistites recorrentes, houve uma redução de 48% nos episódios de ITUs após o aumento da ingestão total de líquidos de 1,1 para 2,8 L/dia, por 12 meses. Um importante benefício secundário, foi a redução na utilização de antibióticos para tratar ITUs em mulheres que aumentaram sua ingestão de líquidos (Hooton et al., 2018).

Cognição e Humor

Diversos estudos sugerem que a ingestão de líquidos reduzida levando a uma hipohidratação leve pode apresentar efeitos negativos no humor e certos aspectos da cognição em mulheres (Armstrong et al., 2012; D’Anci K et al., 2009; Pross et al., 2013; Stachenfeld et al., 2018). Os efeitos prejudiciais da ingestão de líquidos inadequada parecem ser aplicáveis às condições livres de vida, ao repouso e durante os exercícios. Isto é importante porque sugere que a hidratação apropriada tem implicações para as mulheres fisicamente ativas em suas vidas diárias, assim como na performance do exercício. Além disso, isso reitera a importância de começar os treinos e as competições em um estado de euhidratação, para evitar possíveis efeitos adversos da hipohidratação na cognição, ou no humor, na prontidão mental dos atletas para o desempenho.

Um estudo bem-delineado com particular relevância à hidratação diária foi publicado por Stachenfeld et al. (2018). Este grupo mediu os efeitos da restrição de líquidos (0,7 L/dia), em comparação com a ingestão de líquidos suficiente para atingir as recomendações do IOM e da EFSA (2,6 L/dia), na performance cognitiva em estudantes universitárias mulheres, com vidas livres. Uma hipohidratação leve (1,0% de PMC), acumulada em 24 horas de restrição de líquidos, levou a déficits na memória visual e operacional, assim como na função executiva, mas sem alterações no humor ou na performance em atividades de tempo de reação ou identificação, simples (Stachenfeld et al., 2018). Em um outro estudo, 24 horas de privação de líquidos em mulheres jovens saudáveis levaram ao alerta reduzido e maior sonolência, fadiga e confusão mental (Pross et al., 2013). Importante dizer, nestes estudos a reidratação reverteu os danos associados à hipohidratação na memória, na função executiva (Stachenfeld et al., 2018), no estado de alerta e confusão mental (Pross et al., 2013), ainda que não em outras medidas relacionadas ao humor. Um estudo observacional analisou a relação entre a ingestão habitual de água (classificada como, baixa: 1,5 L/dia, moderada: 2,25 L/dia, e alta: 3,1 L/dia) e o humor em 120 mulheres jovens saudáveis por um período de 5 dias. O abalo total no humor foi maior em mulheres que normalmente tiveram baixa ingestão em comparação a uma ingestão total alta diária de água (Munoz et al., 2015). É importante notar que este estudo não mediu o estado de hidratação; no entanto, os resultados sugerem que ingerir uma quantidade de água abaixo da Ingestão Adequada pode estar associado com estados adversos de humor.

Poucos estudos investigaram os efeitos na cognição e no humor do estado de hidratação em mulheres durante o exercício. Uma hipohidratação leve (1,4% de PMC) resultou em um humor abalado, maior percepção de dificuldade da tarefa, menor concentração e sintomas de dores de cabeça no repouso e durante o exercício, em um estudo com mulheres fisicamente ativas. Contudo, a maioria dos aspectos da performance cognitiva não foram afetados pela hipohidratação (Armstrong et al., 2012). Em um estudo com atletas universitários, 1,8% de PMC reduziram o vigor, aumentaram a fadiga e prejudicaram a vigilância em comparação com o estado de euhidratação. Houve um efeito de interação significativo entre os sexos para a condição de hidratação em relação ao tempo de reação de escolha, já que as mulheres cometeram mais erros quando hipohidratadas, enquanto os homens cometeram menos erros na condição de hipohidratação, em comparação com a condição de euhidratação (D’Anci K et al., 2009).

Curiosamente, outros estudos sugeriram possíveis diferenças entre os sexos em relação ao humor e as respostas cognitivas ao estado de hidratação (Bethancourt et al., 2020; Suh et al., 2021; Szinnai et al., 2005). Por exemplo, em atividades de adição em série e testes de cores e palavras de Stroop (memória operacional, função executiva), as mulheres tiveram um tempo de reação mais lento, enquanto os homens tiveram um tempo de reação mais rápido após 24 horas de privação de água, resultando em 2,6% de PMC (Szinnai et al., 2005). Em um outro estudo, os scores totais para distúrbios do humor aumentaram em mulheres, mas não em homens em resposta à desidratação celular induzida por meio de infusão salina hipertônica (Suh et al., 2021). A explicação para estes resultados não está clara, mas poderia estar relacionada a diferenças fisiológicas e/ou sociológicas entre homens e mulheres. O possível mecanismo fisiológico foi sugerido por Suh et al. (2021). Neste estudo, as diferenças entre os sexos no distúrbio total do humor foram relacionadas com sede elevada e maiores concentrações de copeptina (substituto para vasopressina) em mulheres. Curiosamente,

na pesquisa sociológica, foi proposto que as mulheres são mais abertas em aceitar seu humor e a autorrelatar sentimentos negativos em comparação aos homens (Bird & Rieker, 2008). Os homens podem de certa forma minimizar o impacto da fadiga, enquanto as mulheres comunicam mais prontamente seus sintomas (Courtenay, 2011).

DIRECIONAMENTO PARA PESQUISAS FUTURAS

As pesquisas disponíveis sugerem que, assim como com os homens, o plano de hidratação para as mulheres deve ser desenvolvido para evitar 2% ou mais de PMC. Contudo, o efeito dos níveis mais baixos de hipohidratação (1-2% de PMC) na performance do exercício em mulheres é, em grande parte, desconhecido. Estudos de hipohidratação gradativa com homens geralmente encontraram que a performance é impactada negativamente pela hipohidratação até que a PMC atinja aproximadamente 2% (Baker et al., 2007; Cheuvront & Kenefick, 2014). Além de 2% de PMC há uma deterioração progressiva na performance à medida que a hipohidratação piora (Baker et al., 2007), o que é acompanhado por um aumento progressivo no estresse termorregulatório e cardiovascular (Montain & Coyle, 1992; Sawka et al., 1985). Como discutido anteriormente, uma dada porcentagem de PMC a partir da perda de suor em mulheres representa uma porcentagem ligeiramente maior da sua água corporal, em comparação com os homens. Portanto, seria importante investigar o efeito da hipohidratação leve progressiva (exemplo, 1%, 1,5%, 2% etc.) na performance em mulheres. Para determinar se as recomendações de hidratação deveriam diferir entre os sexos, comparações diretas (no estudo) são necessárias. Trabalhos futuros devem também investigar as possíveis diferenças entre os sexos nos transtornos de humor e na deficiência cognitiva relacionados à hipohidratação. Além disso, os efeitos da amenorreia ou oligomenorreia, uma questão para muitas atletas do sexo feminino, em relação ao balanço hídrico devem ser investigados. Finalmente, apesar de alguns estudos discutidos acima incluírem mulheres utilizando contraceptivos orais, poucos estudos investigaram os efeitos dos contraceptivos hormonais na hidratação. Portanto, as pesquisas sobre a perda de suor e balanço hídrico em mulheres que utilizam diferentes tipos de contraceptivos hormonais são necessárias.

CONCLUSÃO

Apesar dos hormônios sexuais femininos alterarem certos aspectos da termorregulação e da regulação de líquidos corporais, parece haver efeitos mínimos da fase do ciclo menstrual, ou do sexo por si só, na TSCI, no balanço hídrico ou efeitos fisiológicos e de performance da hipohidratação. Ao invés disso, fatores como o tamanho corporal, a carga absoluta de atividade, o condicionamento aeróbico, o estado de aclimação ao calor e as diferenças comportamentais geralmente têm um papel maior na determinação da perda de suor e no balanço hídrico. Desta forma, as estratégias de hidratação devem ser customizadas com base nas perdas individuais de suor do atleta e nas condições do exercício e ambientais, com o objetivo geral de prevenir desequilíbrios significativos de líquido e de eletrólitos.

APLICAÇÕES PRÁTICAS

- Atletas do sexo feminino devem ingerir líquidos o suficiente durante o exercício para evitar uma hipohidratação significativa, já que $\geq 2\%$ de PMC está associada com a redução de performance em mulheres.
- É também importante aconselhar as atletas do sexo feminino a evitarem ganho de massa corporal durante, ou após o exercício, já

que as mulheres são mais propensas a ingerir líquidos de maneira excessiva em relação às perdas de suor.

- Há uma variabilidade considerável nas taxas de sudorese e nas perdas de sódio entre as atletas do sexo feminino. O teste de transpiração individualizado deve ser conduzido para guiar a estratégia de hidratação da atleta.

- A hipohidratação significativa ($\geq 2\%$ de PMC) durante o exercício não é comumente observada em mulheres. Contudo, devido às mulheres tenderem a ter maior porcentagem de gordura corporal, a perda de água pelo suor pode representar um percentual ligeiramente maior de água corporal e volume plasmático total nas mulheres do que em homens. Portanto, mais pesquisas são necessárias para determinar o efeito de níveis leves de hipohidratação (1-2% PMC) na performance em atletas do sexo feminino.

- Para mulheres, a Ingestão Adequada (IA) total de água é aproximadamente 2,0 L/dia (EFSA) a 2,7 L/dia (USDA). A IA não inclui a ingestão de líquidos necessária para repor as perdas de suor individuais, o que pode variar no dia a dia, dependendo da duração e da intensidade do exercício e das condições ambientais.

- A hidratação apropriada em mulheres pode ter benefícios diários para a saúde, incluindo a performance cognitiva e humor. Além disso, aumentar a ingestão habitual de água pode reduzir o risco de Infecções do Trato Urinário recorrentes.

A autora é colaboradora do Instituto Gatorade de Ciências do Esporte, uma divisão da PepsiCo R&D.

Os pontos de vista aqui expressos são das autoras e não refletem necessariamente a posição, ou políticas, da PepsiCo, Inc.

REFERÊNCIAS

- 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.
- Almond, C.S., A.Y. Shin, E.B. Fortescue, R.C. Mannix, D. Wypij, B.A. Binstadt, C.N. Duncan, D.P. Olson, A.E. Salerno, J.W. Newburger, and D.S. Greenes (2005). Hyponatremia among runners in the Boston Marathon. *N. Engl. J. Med.* 352:1550-1556.
- Armstrong, L.E., M.S. Ganio, D.J. Casa, E.C. Lee, B.P. McDermott, J.F. Klau, L. Jimenez, L. Le Bellego, E. Chevillotte, and H.R. Lieberman (2012). Mild dehydration affects mood in healthy young women. *J. Nutr.* 142:382-388.
- Avellini, B.A., E. Kamon, and J.T. Krajewski (1980). Physiological responses of physically fit men and women to acclimation to humid heat. *J. Appl. Physiol.* 49:254-261.
- Baker, L.B., T.A. Munce, and W.L. Kenney (2005). Sex differences in voluntary fluid intake by older adults during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 37:789-796.
- Baker, L.B., K.A. Dougherty, M. Chow, and W.L. Kenney (2007). Progressive dehydration causes a progressive decline in basketball skill performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 39:1114-1123.
- Baker, L.B., C.T. Ungaro, B.C. Sopena, R.P. Nuccio, A.J. Reimel, J.M. Carter, J.R. Stofan, and K.A. Barnes. (2018). Body map of regional versus whole body sweating rate and sweat electrolyte concentrations in men and women during moderate exercise-heat stress. *J. Appl. Physiol.* 24(5):1304-1318.
- Baker, L.B., P.J.D. De Chavez, R.P. Nuccio, S.D. Brown, M.A. King, B.C. Sopena, and K.A. Barnes (2022a). Explaining variation in sweat sodium concentration: effect of individual characteristics and exercise, environmental, and dietary factors. *J. Appl. Physiol.* 133:1250-1259.
- Baker, L.B., C.D. Rehm, and M.A. King (2022b). Hydration for health and wellness. *Sports Science Exchange.* #223.
- Bar-Or, O., L.I. Magnusson, and E.R. Buskirk (1968). Distribution of heat-activated sweat glands in obese and lean men and women. *Hum. Biol.* 40:235-248.
- Bethancourt, H.J., W.L. Kenney, D.M. Almeida, and A.Y. Rosinger (2020). Cognitive performance in relation to hydration status and water intake among older adults. *NHANES 2011-2014. Eur. J. Nutr.* 59:3133-3148.
- Bird, C.E., and P.P. Rieker (2008). Gender and health: The effects of constrained choices and social policies. 1st Edition. Cambridge University Press. 274 pages. *Sports Science Exchange* (2023) Vol. 36, No. 237, 1- 10 8

- 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.
- Buono, M.J., R. Claros, T. Deboer, and J. Wong (2008). Na⁺ secretion rate increases proportionally more than the Na⁺ reabsorption rate with increases in sweat rate. *J. Appl. Physiol.* 105:1044-1048.
- Burke, E.R., and B. Ekblom (1984). Influence of fluid ingestion and dehydration on precision and endurance performance in tennis. *Proceedings of the World Congress of Sports Medicine, Vienna, 1982. Curr. Top. Sports Med.* p. 379-388.
- Caballero-Plasencia, A.M., M. Valenzuela-Barranco, J.L. Martín-Ruiz, J.M. Herrerías-Gutiérrez, and J.M. Esteban-Carretero (1999). Are there changes in gastric emptying during the menstrual cycle? *Scand. J. Gastroenterol.* 34:772-776.
- Cadarette, B.S., M.N. Sawka, M.M. Toner, and K.B. Pandolf (1984). Aerobic fitness and the hypohydration response to exercise-heat stress. *Aviat. Space Environ. Med.* 55:507-512.
- Calzone, W.L., C. Silva, D.L. Keefe, and N.S. Stachenfeld (2001). Progesterone does not alter osmotic regulation of AVP. *Am. J. Physiol.* 281:R2011-2020.
- Casa, D.J., R.L. Stearns, R.M. Lopez, M.S. Ganio, B.P. McDermott, S. Walker Yeargin, L.M. Yamamoto, S.M. Mazerolle, M.W. Roti, L.E. Armstrong, and C.M. Maresh (2010). Influence of hydration on physiological function and performance during trail running in the heat. *J. Athl. Train.* 45:147-156.
- Chapelle, L., B. Tassignon, N. Rommers, E. Mertens, P. Mullie, and P. Clarys (2020). Preexercise hypohydration prevalence in soccer players: A quantitative systematic review. *Eur. J. Sport Sci.* 20:744-755.
- Cheuvront, S.N., R. Carter, 3rd, J.W. Castellani, and M.N. Sawka (2005). Hypohydration impairs endurance exercise performance in temperate but not cold air. *J. Appl. Physiol.* 99:1972-1976.
- Cheuvront, S.N., and R.W. Kenefick (2014). Dehydration: physiology, assessment, and performance effects. *Compr. Physiol.* 4: 257-285.
- Courtenay, W. (2011). *Dying to be men: Psychosocial, environmental, and biobehavioral directions in promoting the health of men and boys.* 1st Edition. Routledge. 526 pages.
- 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.
- Driscoll, R.L., D.G. McCarthy, M.S. Palmer, and L.L. Spriet (2020). Mild dehydration impaired intermittent sprint performance and thermoregulation in females. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 45:1045-1048.
- Evans, G.H., S.M. Shirreffs, and R.J. Maughan (2011). The effects of repeated ingestion of high and low glucose-electrolyte solutions on gastric emptying and blood 2H₂O concentration after an overnight fast. *Br. J. Nutr.* 106:1732-1739.
- Freemas, J.A., Goss, C.S., Ables, R., Baker, T.B., Bruinvels, G., Mündel, T., Martin, B.J., Carter, S.J., Chapman, R.F., Schlader, Z.J. Fluid balance during physical work in the heat is not modified by the menstrual cycle when fluids are freely available. *J Appl Physiol* 2023. Online ahead of print.
- Gagnon, D., and G.P. Kenny (2012). Does sex have an independent effect on thermoeffector responses during exercise in the heat? *J. Physiol.* 590:5963-5973.
- Gagnon, D., O. Jay, and G.P. Kenny (2013). The evaporative requirement for heat balance determines whole-body sweat rate during exercise under conditions permitting full evaporation. *J. Physiol.* 591:2925-2935.
- Gann, J.J., T.L. Andre, A.R. Gallucci, and D.S. Willoughby (2021). Effects of hypohydration on muscular strength, endurance, and power in women. *J. Strength Cond. Res.* 35(Suppl 1):S102-S106.
- Giersch, G.E.W., M.C. Morrissey, R.K. Katch, A.T. Colburn, S.T. Sims, N.S. Stachenfeld, and D.J. Casa (2020). Menstrual cycle and thermoregulation during exercise in the heat: A systematic review and meta-analysis. *J. Sci. Med. Sport.* 23:1134-1140.
- Giersch, G.E.W., M.C. Morrissey, C.R. Butler, A.T. Colburn, Z.S. Demarais, S.A. Kavouras, O. Jay, N. Charkoudian, and D.J. Casa (2021). Sex difference in initial thermoregulatory response to dehydrated exercise in the heat. *Physiol. Rep.* 9:e14947.
- Gifford, R.M., T. Todisco, M. Stacey, T. Fujisawa, M. Allerhand, D.R. Woods, and R.M. Reynolds (2019). Risk of heat illness in men and women: A systematic review and meta-analysis. *Environ. Res.* 171:24-35.
- Gill, R.C., P.D. Murphy, H.R. Hooper, K.L. Bowes, and Y.J. Kingma (1987). Effect of the menstrual cycle on gastric emptying. *Digestion* 36:168-174.
- Gonzalez-Alonso, J., J.A. Calbet, and B. Nielsen (1998). Muscle blood flow is reduced with dehydration during prolonged exercise in humans. *J. Physiol.* 513:895-905.
- Goulet, E.D. (2011). Effect of exercise-induced dehydration on time-trial exercise performance: a meta-analysis. *Br. J. Sports Med.* 45:1149-1156.
- Gutierrez, A., J.L. Mesa, J.R. Ruiz, L.J. Chiroso, and M.J. Castillo (2003). Sauna-induced rapid weight loss decreases explosive power in women but not in men. *Int. J. Sports Med.* 24:518-522.
- Hellmig, S., F. Von Schoning, C. Gadow, S. Katsoulis, J. Hedderich, U.R. Folsch, and E. Stuber (2006). Gastric emptying time of fluids and solids in healthy subjects determined by ¹³C breath tests: influence of age, sex and body mass index. *J. Gastroenterol. Hepatol.* 21:1832-1838.
- Hew, T.D. (2005). Women hydrate more than men during a marathon race: hyponatremia in the Houston marathon: a report on 60 cases. *Clin. J. Sport Med.* 15:148-153.
- 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.
- Holland, J.J., T.L. Skinner, C.G. Irwin, M.D. Leveritt, and E.D.B. Goulet (2017). The influence of drinking fluid on endurance cycling performance: a meta-analysis. *Sports Med.* 47:2269-2284.
- Hooton, T.M., M. Vecchio, A. Iroz, I. Tack, Q. Dornic, I. Seksek, and Y. Lotan (2018). Effect of increased daily water intake in premenopausal women with recurrent urinary tract infections: A randomized clinical trial. *J. Am. Med. Assoc. Intern. Med.* 178:1509-1515.
- Horowitz, M., G.J. Maddern, B.E. Chatterton, P.J. Collins, O.M. Petrucco, R. Seamark, and D.J. Shearman (1985). The normal menstrual cycle has no effect on gastric emptying. *Br. J. Obstet. Gynaecol.* 92:743-746.
- Jay, O. (2014). Unravelling the true influences of fitness and sex on sweating during exercise. *Exp. Physiol.* 99:1265-1266.
- Kavouras, S.A. (2019). Hydration, dehydration, underhydration, optimal hydration: are we barking up the wrong tree? *Eur. J. Nutr.* 58:471-473.
- Kenney, W.L. (1985). A review of comparative responses of men and women to heat stress. *Environ. Res.* 37:1-11.
- Kolka, M.A., and L.A. Stephenson (1989). Control of sweating during the human menstrual cycle. *Eur. J. Appl. Physiol.* 58:890-895.
- Kolka, M.A., and L.A. Stephenson (1997). Interaction of menstrual cycle phase, clothing resistance and exercise on thermoregulation in women. *J. Therm. Biol.* 22:137-141.
- Kozlowski, S., and B. Saltin (1964). Effect of sweat loss on body fluids. *J. Appl. Physiol.* 19:1119-1124.
- Kuwahara, T., Y. Inoue, M. Abe, Y. Sato, and N. Kondo (2005). Effects of menstrual cycle and physical training on heat loss responses during dynamic exercise at moderate intensity in a temperate environment. *Am. J. Physiol. Regul.* 288:R1347-R1353.
- Leiper, J.B. (2015). Fate of ingested fluids: factors affecting gastric emptying and intestinal absorption of beverages in humans. *Nutr. Rev.* 73(Suppl 2):57-72.
- Logan-Sprenger, H.M., G.J. Heigenhauser, K.J. Killian, and L.L. Spriet (2012). Effects of dehydration during cycling on skeletal muscle metabolism in females. *Med. Sci. Sports Exerc.* 44:1949-1957.
- MacLeod, H., and C. Sunderland (2009). Fluid balance and hydration habits of elite female field hockey players during consecutive international matches. *J. Strength Cond. Res.* 23:1245-1251.
- 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., M. McArthur, and S.M. Shirreffs (1996). Influence of menstrual status on fluid replacement after exercise induced dehydration in healthy young women. *Br. J. Sports Med.* 30:41-47.
- 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.
- Meyer, F., O. Bar-Or, D. MacDougall, and G.J. Heigenhauser (1992). Sweat electrolyte loss during exercise in the heat: effects of gender and maturation. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24:776-781.

- Notley, S.R., S. Dervis, M.P. Poirier, and G.P. Kenny (2019). Menstrual cycle phase does not modulate whole body heat loss during exercise in hot, dry conditions. *J. Appl. Physiol.* 126:286-293.
- 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.
- Nygaard, I., and M. Linder (1997). Thirst at work--an occupational hazard? *Int. Urogynecol. J. Pelvic Floor Dysfunct.* 8:340-343.
- Periard, J.D., S. Racinais, T. Timpka, O. Dahlstrom, A. Spreco, J. Jacobsson, V. Bargoria, K. Halje, and J.M. Alonso (2017). Strategies and factors associated with preparing for competing in the heat: a cohort study at the 2015 IAAF World Athletics Championships. *Br. J. Sports Med.* 51:264-270.
- Perrier, E.T. (2017). Shifting focus: From hydration for performance to hydration for health. *Ann. Nutr. Metab.* 70(Suppl 1):4-12.
- Pross, N., A. Demazieres, N. Girard, R. Barnouin, F. Santoro, E. Chevillotte, A. Klein, and L. Le Bellego (2013). Influence of progressive fluid restriction on mood and physiological markers of dehydration in women. *Br. J. Nutr.* 109:313-321.
- Quinkler, M., B. Meyer, C. Bumke-Vogt, C. Grossmann, U. Gruber, W. Oelkers, S. Diederich, and V. Bahr (2002). Agonistic and antagonistic properties of progesterone metabolites at the human mineralocorticoid receptor. *Eur. J. Endocrinol.* 146:789-799.
- Rehrer, N.J., G.M. Janssen, F. Brouns, and W.H. Saris (1989). Fluid intake and gastrointestinal problems in runners competing in a 25-km race and a marathon. *Int. J. Sports Med.* 10(Suppl 1):S22-S25
- Rodriguez-Giustiniani, P., and S.D.R. Galloway (2019). Influence of peak menstrual cycle hormonal changes on restoration of fluid balance after induced dehydration. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 29:651-657.
- Rodriguez-Giustiniani, P., N. Rodriguez-Sanchez, and S.D.R. Galloway (2022). Fluid and electrolyte balance considerations for female athletes. *Eur. J. Sport Sci.* 22:697-708.
- Savoie, F.A., R.W. Kenefick, B.R. Ely, S.N. Cheuvront, and E.D. Goulet (2015). Effect of hypohydration on muscle endurance, strength, anaerobic power and capacity and vertical jumping ability: A meta-analysis. *Sports Med.* 45:1207-1227.
- Sawka, M.N., M.M. Toner, R.P. Francesconi, and K.B. Pandolf (1983). Hypohydration and exercise: effects of heat acclimation, gender, and environment. *J. Appl. Physiol.* 55:1147-1153.
- Sawka, M.N., A.Y. Young, R.P. Francesconi, S.R. Muza, and K.B. Pandolf (1985). Thermoregulatory and blood responses during exercise at graded hypohydration levels. *J. Appl. Physiol.* 59:1394-1401.
- 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.
- Shapiro, Y., K.B. Pandolf, B.A. Avellini, N.A. Pimental, and R.F. Goldman (1980). Physiological responses of men and women to humid and dry heat. *J. Appl. Physiol.* 49:1-8.
- Shi, X., M.K. Horn, K.L. Osterberg, J.R. Stofan, J.J. Zachwieja, C.A. Horswill, D.H. Passe, and R. Murray (2004). Gastrointestinal discomfort during intermittent high-intensity exercise: effect of carbohydrate-electrolyte beverage. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 14:673-683.
- Smith, C.J., and G. Havenith (2012). Body mapping of sweating patterns in athletes: a sex comparison. *Med. Sci. Sports Exerc.* 44: 2350-2361.
- Sollanek, K.J., M. Tsurumoto, S. Vidyasagar, R.W. Kenefick, and S.N. Cheuvront (2018). Neither body mass nor sex influences beverage hydration index outcomes during randomized trial when comparing 3 commercial beverages. *Am. J. Clin. Nutr.* 107:544-549
- Soo, K., and G. Naughton (2007). The hydration profile of female cricket players during competition. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 17:14-26.
- Stachenfeld, N.S. (2014). Sodium ingestion, thirst and drinking during endurance exercise. *Sports Science Exchange.* #122.
- Stachenfeld, N.S., and H.S. Taylor (2009). Sex hormone effects on body fluid and sodium regulation in women with and without exercise-associated hyponatremia. *J. Appl. Physiol.* 107:864-872.
- Stachenfeld, N.S., C. Silva, D.L. Keefe, C.A. Kokoszka, and E.R. Nadel (1999). Effects of oral contraceptives on body fluid regulation. *J. Appl. Physiol.* 87:1016-1025.
- Stachenfeld, N.S., C.A. Leone, E.S. Mitchell, E. Freese, and L. Harkness. (2018). Water intake reverses dehydration associated impaired executive function in healthy young women. *Physiol. Behav.* 185:103-111.
- Stephenson, L.A., and M.A. Kolka (1985). Menstrual cycle phase and time of day alter reference signal controlling arm blood flow and sweating. *Am. J. Physiol.* 249:R186-R191.
- Suh, H., H.R. Lieberman, L.T. Jansen, A.T. Colburn, J.D. Adams, A.D. Seal, C.L. Butts, T.M. Kirkland, O. Melander, T. Vanhaecke, A. Dolci, G. Lemetals, E.T. Perrier, and S.A. Kavouras (2021). Cellular dehydration acutely degrades mood mainly in women: a counterbalanced, crossover trial. *Br. J. Nutr.* 125:1092-1100.
- Szinnai, G., H. Schachinger, M.J. Arnaud, L. Linder, and U. Keller, U. (2005). Effect of water deprivation on cognitive-motor performance in healthy men and women. *Am. J. Physiol.* 289:R275-R280.
- Thigpen, L.K., J.M. Green, and E.K. O'Neal (2014). Hydration profile and sweat loss perception of male and female division II basketball players during practice. *J. Strength Cond. Res.* 28:3425-3431.
- Visser, M., D. Gallagher, P. Deurenberg, J. Wang, R.N. Pierson, Jr., and S.B. Heymsfield (1997). Density of fat-free body mass: relationship with race, age, and level of body fatness. *Am. J. Physiol.* 272:E781-E787.
- Vokes, T.J., N.M. Weiss, J. Schreiber, M.B. Gaskill, and G.L. Robertson (1988). Osmoregulation of thirst and vasopressin during normal menstrual cycle. *Am. J. Physiol.* 254:R641-647.
- Volpe, S.L., K.A. Poule, and E.G. Bland (2009). Estimation of prepractice hydration status of National Collegiate Athletic Association Division I athletes. *J. Athl. Train.* 44:624-629.
- Vyas, S., D. Varshney, P. Sharma, R. Juyal, V. Nautiyal, and V. Shrotriya (2015). An overview of the predictors of symptomatic urinary tract infection among nursing students. *Ann. Med. Health Sci. Res.* 5:54-58.
- Watanabe, K., E.J. Stohr, K. Akiyama, S. Watanabe, and J. Gonzalez-Alonso (2020). Dehydration reduces stroke volume and cardiac output during exercise because of impaired cardiac filling and venous return, not left ventricular function. *Physiol. Rep.* 8:e14433.
- Wickham, K.A., D.G. McCarthy, L.L. Spriet, and S.S. Cheung (2021). Sex differences in the physiological responses to exercise-induced dehydration: consequences and mechanisms. *J. Appl. Physiol.* 131:504-510.
- Yanovich, R., I. Ketko, and N. Charkoudian (2020). Sex differences in human thermoregulation: Relevance for 2020 and beyond. *Physiology* 35:177-184