

O PROCESSO DE REPOSIÇÃO DE LÍQUIDOS: PRINCÍPIOS DA FORMULAÇÃO DE BEBIDAS PARA ATLETAS

(Publicado: novembro de 2023/Autor: **Lindsay B. Baker, Ph.D.**/Tópicos: Treino & Performance, Nutrição Esportiva, Hidratação & Termorregulação)

Lindsay B. Baker, Ph.D. | Instituto Gatorade de Ciências dos Esportes, Valhalla, NY, Estados Unidos

PONTOS-CHAVE:

- A reposição das perdas de líquidos durante e após o exercício é um processo que envolve diversas etapas, começando com a ingestão de líquidos, seguindo pelo esvaziamento gástrico, e culminando na absorção de líquidos para a corrente sanguínea e na distribuição para os espaços de líquidos intra e extra celulares do corpo.
- A reposição adequada de líquidos é influenciada, em parte, pela composição da bebida, já que a presença de certos ingredientes (e os tipos e quantidades) podem facilitar, ou dificultar, o processo de reidratação.
- A palatabilidade da bebida tem um impacto substancial na ingestão voluntária de líquidos. Em geral, líquidos frios (~15 °C) com sabor, contendo eletrólitos e levemente adoçados são preferíveis pelos atletas e levam a um maior consumo de líquidos.
- A presença de sódio em uma bebida pode promover a ingestão de líquido (sede e palatabilidade da bebida), a retenção de líquido do corpo inteiro (reabsorção renal de água), e a distribuição de líquido para o espaço extracelular (manutenção do volume plasmático).
- Uma pequena quantidade de carboidratos (exemplo, 1-3%) em uma bebida esportiva promove a absorção intestinal de líquidos. Bebidas altamente concentradas em carboidratos ($\geq 8\%$) podem atrasar a distribuição de líquidos. No entanto, formular uma bebida com diversos carboidratos transportáveis (exemplo, a glicose e a frutose) pode aumentar a taxa de esvaziamento gástrico e a absorção de fluidos intestinais de bebidas com altas concentrações de carboidratos.
- Durante a reidratação após os exercícios, retardar o aparecimento do líquido ingerido na circulação por meio do aumento da densidade energética da bebida (exemplo, líquidos com carboidratos, proteínas; ou ingerir água com as refeições) atenua a diurese e promove a retenção de líquido.

LEITURA RECOMENDADA

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

Agosto de 2018 SSE #181: O Conceito de “Força Crítica” e Performance em Exercício 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

Volumes substanciais de líquido podem ser perdidos durante o exercício intenso, ou prolongado, como consequência da transpiração termorregulatória (Barnes et al., 2019). Nestas situações, os atletas precisam ingerir líquidos durante e após o exercício para repor a perda de líquidos e evitar possíveis efeitos negativos da desidratação (McDermott et al., 2017). Como ilustrado na figura 1, a reposição de líquido é um processo de muitas etapas envolvendo inúmeros sistemas fisiológicos. O processo inclui a ingestão de líquidos, o fornecimento do líquido para a corrente sanguínea (via esvaziamento gástrico e absorção intestinal), a distribuição nos compartimentos corporais de líquidos (exemplo, para manutenção do volume do plasma), e a retenção de líquido pelo corpo inteiro (via reabsorção renal de água). A reposição adequada de líquidos é influenciada pela composição da bebida, já que certos ingredientes podem facilitar, ou dificultar, uma ou mais etapas do processo de reidratação (Baker & Jeukendrup, 2014). O propósito deste artigo do Sports Science Exchange (SSE) é fornecer uma visão geral dos princípios científicos da reposição de líquidos e discutir o papel da formulação das bebidas (carboidratos, eletrólitos, sabor, e outros ingredientes ou fatores) no processo de reidratação.

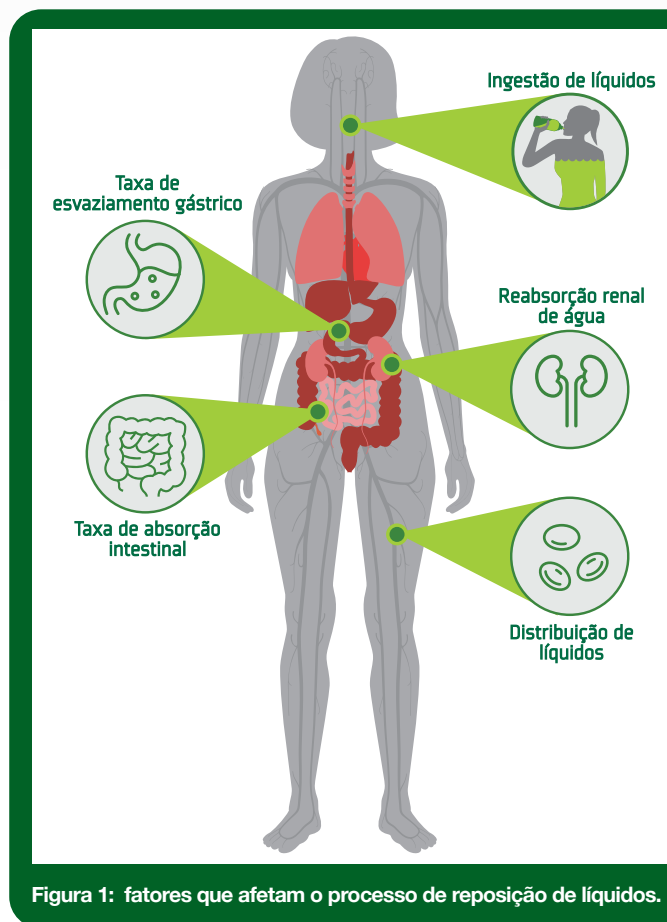


Figura 1: fatores que afetam o processo de reposição de líquidos.



Figura 2: fatores que influenciam a ingestão de líquidos.

A INGESTÃO DE LÍQUIDOS

O primeiro passo na reidratação é o ato de tomar água ou outros líquidos. Isso pode parecer simples, mas como mostrado na Figura 2, a ingestão de líquidos é, na verdade, muito complexa e ditada por múltiplos mecanismos (Adolph et al., 1954). A sede fisiológica (ou regulatória) é estimulada em resposta à desidratação celular (hiperosmolalidade) e hipohidratação extracelular (hipovolemia). No entanto, a ingestão de líquidos ad libitum, ou voluntária, é também influenciada por uma complexa interação de inúmeros fatores não regulatórios. Estes incluem a sede percebida, influências sociais e preferências culturais, e fatores relacionados à bebida (Baker & Jeukendrup, 2014; Passe, 2001). Como discutido na próxima seção, a composição da bebida pode impactar a ingestão de líquidos através dos seus efeitos na sede fisiológica (exemplo, através da ingestão de sódio) assim como a palatabilidade da bebida (através das propriedades organolépticas como o sabor, doçura, salinidade e temperatura).

A Palatabilidade da Bebida

Aromatizantes, a doçura e os eletrólitos de uma bebida podem ajudar a melhorar a sua palatabilidade (como, preferência e aceitabilidade) e aumentar a ingestão de líquidos ad libitum durante o exercício em comparação com a água. Isso foi demonstrado em jovens e adultos, homens e mulheres, e em campo durante sessões de treinamento, assim como em condições controladas em laboratório (Minehan et al., 2002; Passe et al., 2000; 2004; Rivera-Brown et al., 1999; Wilk & Bar-Or, 1996). Por exemplo, durante o exercício intermitente realizado no calor, a ingestão de líquidos de meninos entre 9-12 anos foi a mais alta com uma bebida sabor uva e 6% de carboidratos e eletrólitos, seguida por água com sabor uva, e depois água sem sabor. Os meninos apresentaram hipohidratação leve com a água, mas mantiveram a euhidratação quando um aromatizante e/ou doçura, e eletrólitos foram adicionados à água (Wilk & Bar-Or, 1996). De maneira semelhante, em um estudo com atletas juniores de Netball e de basquete do sexo masculino e feminino de elite, o balanço hídrico foi mais alcançado com bebidas aromatizadas (soluções de carboidratos-eletrólitos de 1% e 6,8%) em comparação com a água

durante sessões de treinamentos (Minehan et al., 2002).

Embora os índices hedônicos sejam normalmente mais altos para bebidas aromatizadas/adoçadas, alguns estudos encontraram um impacto mínimo na ingestão de líquidos ad libitum (Rivera-Brown et al., 2008; Taim et al., 2021). Além disso, alguns estudos encontraram que a ingestão ad libitum de água não aromatizada foi suficiente para repor as perdas de suor durante o exercício (Baker et al., 2005; Wilk et al., 2007). A inconsistência dos resultados pode ser devida a vários fatores relacionados ao desenho do estudo, condições do exercício e ambientais, entre outros fatores. É também importante notar que a percepção e aceitabilidade do sabor, da doçura, acidez, sensação na boca, e do gosto residual da bebida são modificadas pela atividade física (Murray & Stofan, 2001), já que certos sabores, ou atributos, podem ser mais aceitos durante o exercício do que no repouso (Passe et al., 2000). A temperatura da bebida também tem um impacto substancial na palatabilidade e na ingestão voluntária de líquidos. Durante exercícios em condições ambientais de amenas a quentes a palatabilidade e a ingestão de líquidos parecem ser maximizadas quando a temperatura da bebida é fresca (15°C), seguida por bebidas frias (0 – 7°C), e depois com temperaturas amenas (22°C); enquanto bebidas mornas ou quentes são as menos palatáveis (32 – 46°C) (Burdon et al., 2012). Nenhum estudo do conhecimento do autor investigou a temperatura, palatabilidade, e ingestão de líquidos durante exercícios em ambientes frios.

Eletrólitos

Além dos seus efeitos na palatabilidade da bebida, os eletrólitos (particularmente o sódio) estimulam o impulso fisiológico para ingestão de líquidos (Nose et al., 1988). Isso porque a ingestão de sódio aumenta a concentração plasmática de sódio, e por sua vez, a osmolalidade do plasma. A informação sensorial dos osmorreceptores em relação à tonicidade do plasma influencia na ativação de regiões cerebrais superiores para estimular a sede. A presença de quantidades baixas a moderadas de sódio (como, 18 – 40 mmol/L) melhoram a palatabilidade da bebida e aumentam a ingestão de líquido ad libitum (Clapp et al., 2000; Passe, 2001; Wemple et al.,

1997). Por outro lado, o consumo de água pura diminui a osmolalidade e a concentração de sódio, reduzindo o impulso para ingestão de líquidos (Nose et al., 1988). No entanto, a palatabilidade e a ingestão voluntária de líquidos podem ser reduzidas com altas concentrações de sódio na bebida (≥ 50 mmol/L) (Passe, 2001; Wemple et al., 1997). Nesses casos, outros ânions (como o citrato) poderiam ser utilizados no lugar do cloreto (o ânion normalmente utilizado com o sódio) para reduzir a salinidade da bebida (Shirreffs, 2003).

O FORNECIMENTO DE LÍQUIDOS – O ESVAZIAMENTO GÁSTRICO E A ABSORÇÃO INTESTINAL DE LÍQUIDOS

O segundo maior estágio na reidratação é o fornecimento de líquidos para a corrente sanguínea. Esse processo envolve tanto o esvaziamento de líquidos do estômago quanto o transporte de água através do epitélio intestinal (Figura 3). O esvaziamento gástrico de líquidos é regulado pela interação do volume gástrico e o feedback de inibição em relação ao conteúdo de nutrientes no intestino delgado. Desta forma, o esvaziamento gástrico pode ocorrer em uma taxa máxima de até aproximadamente 15 – 20 ml/min (~ 1 L/h) ao manter um alto volume gástrico com a ingestão seja de água ou de alguma solução com carboidratos diluída (Costill & Saltin, 1974; Lambert et al., 2012).

Após deixar o estômago, a absorção de água e solutos ocorre principalmente no intestino delgado proximal (duodeno e jejuno). A absorção do soluto (como, carboidratos e o sódio) do lúmen intestinal ocorre pela difusão em conjunto com gradientes eletroquímicos e por mecanismos específicos de transporte na membrana de borda em escova das células epiteliais do intestino. Por outro lado, a captação de água é um processo passivo, dependente de um gradiente osmótico criado pela absorção de solutos – por exemplo, a água segue o soluto (Murray & Shi, 2006).

As taxas de esvaziamento gástrico e da absorção intestinal de líquidos são impactadas por vários tipos de estressores. Por exemplo, $\geq 3\%$ de desidratação e estresse térmico prejudicam o esvaziamento gástrico (Neufer et al., 1989; Rehrer et al., 1990) e intensidades de exercício maiores que aproximadamente 70 – 75%

do VO_2max reduzem o esvaziamento gástrico e a absorção intestinal de água (Costill & Saltin, 1974).

Vários aspectos da composição da bebida podem ter um impacto significativo no esvaziamento gástrico e/ou na absorção de líquidos e serão discutidos a seguir.

Carboidratos

Já que a água segue o soluto, a presença de soluto (particularmente o carboidrato), é importante para estimular a absorção de água. Assim, a formulação da Organização Mundial da Saúde para soluções orais de reidratação (ORS) voltadas para pacientes com diarreia, inclui uma pequena quantidade de glicose (1,35%) porque o co-transporte de glicose e sódio (via transportador de glicose dependente de sódio – SGLT-1) acelera a absorção de água no intestino delgado (Atia & Buchman, 2009). Além disso, estudos com indivíduos saudáveis encontraram que a presença de 1-3% de carboidratos em uma bebida esportiva melhora a taxa de entrega de líquidos em comparação com soluções livres de carboidratos (Jeukendrup et al., 2009; Rowlands et al., 2022).

Apesar do carboidrato ter um papel importante em estimular a absorção da água, a presença de carboidratos em altas concentrações pode levar a efeitos reduzidos. Em geral, bebidas com alta densidade energética resultam em uma menor taxa de esvaziamento gástrico e entrega de líquidos (Brouns et al., 1995; Evans et al., 2011; Jeukendrup et al., 2009). Por exemplo, encontrou-se que bebidas com $\geq 8\%$ de solução de carboidratos reduziu a taxa de esvaziamento gástrico e aumentou o desconforto gastrointestinal em comparação com a água (Murray et al., 1999; Rehrer et al., 1992; Shi et al., 2004). Além disso, há uma relação inversa significativa entre a osmolalidade da bebida (sendo principalmente estimulada pela concentração de carboidratos) e a absorção intestinal de líquidos (Rowlands et al., 2022; Shi & Passe, 2010). Contudo, como discutido abaixo mais detalhadamente, formular uma bebida com diversos tipos de carboidratos transportáveis pode aumentar a taxa de esvaziamento gástrico e a absorção intestinal de líquidos das bebidas com altas concentrações de carboidratos (Jeukendrup & Moseley, 2010; Shi et al., 1995; 2000)

Fatores que Influenciam o Fornecimento de Líquidos

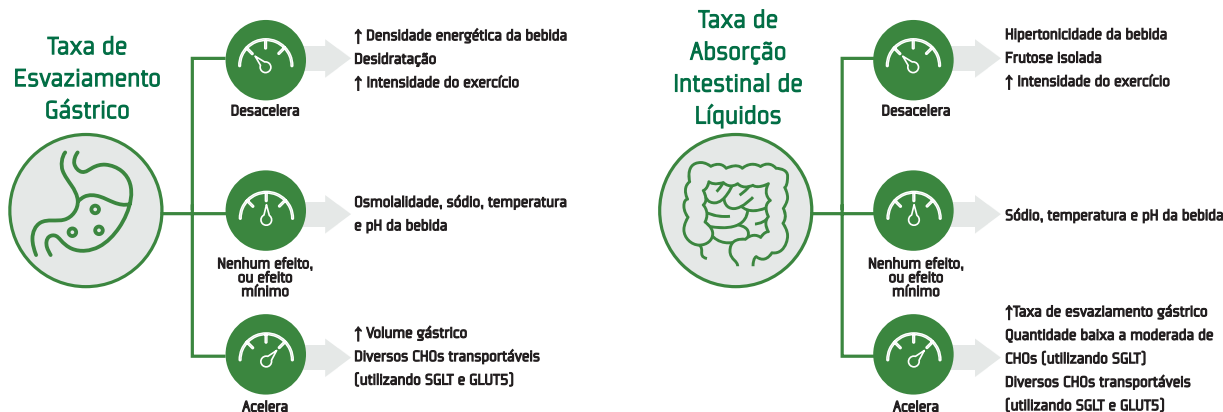


Figura 3: fatores que influenciam o fornecimento de líquidos. CHO, carboidratos; SGLT, transportador de glicose dependente de sódio; GLUT 5, transportador de glicose (5).

O tipo de carboidrato em uma bebida esportiva impacta a taxa de absorção intestinal de líquidos e solutos porque os tipos de carboidratos, individualmente, são transportados através dos enterócitos via diferentes mecanismos. Por exemplo, uma solução contendo apenas glicose (ativamente transportada via transportador SGLT-1) é absorvida mais rápido do que uma solução contendo apenas frutose (difusão facilitada via transportador de glicose 5 (GLUT-5)). Contudo, a bebida com diversos tipos de carboidratos transportáveis (exemplo, glicose e frutose) aumenta a absorção de soluto e de água, em comparação com soluções com um único tipo de carboidrato transportável (Jentjens et al., 2006; Shi & Passe, 2010). A sacarose pode tanto ser hidrolisada em glicose e frutose quanto utilizar seus próprios transportadores dissacarídeos/sacarose (SCRT) (Ferraris & Diamond, 1997). Além disso, o tipo de carboidrato impacta significativamente a osmolalidade da bebida, tendo a maltodextrina a menor osmolalidade em comparação com mono e dissacarídeos.

Eletrólitos

Apesar de bem estabelecido que o sódio é importante para o transporte de substrato via SGLT-1 e fluxo de água pelos enterócitos, foi encontrado que o sódio da bebida apresenta apenas um pequeno papel na absorção intestinal de líquidos. Isso ocorre provavelmente porque o sódio está disponível prontamente por meio de secreções intestinais (Gisolfi et al., 1995). Poucas informações estão disponíveis sobre os efeitos de outros eletrólitos na entrega de líquidos. Um estudo relatou uma absorção intestinal mais rápida quando o ânion conjugado ao sódio foi o cloreto em comparação com o bicarbonato, ou o sulfato (Fordtran, 1975); no entanto, mais pesquisas são necessárias para comparações com outros ânions.

Proteínas

A proteína contribui para a densidade de energia de uma bebida e, portanto, pode ter um impacto significativo na taxa de esvaziamento gástrico e na entrega de líquidos para a circulação. Além disso, a coagulação da caseína de produtos à base de leite no estômago, retarda ainda mais o esvaziamento gástrico e reduz a velocidade da absorção intestinal de líquidos, em comparação com bebidas energéticas equivalentes contendo whey protein (Calbet & Holst, 2004), ou glicose (Burn-Murdoch et al., 1978). Enquanto a inclusão de proteínas reduz a taxa de esvaziamento gástrico e a absorção intestinal de líquidos, este atraso na entrega de líquido para a circulação pode ser vantajoso para a retenção de líquidos durante a reidratação após o exercício (veja abaixo a seção sobre Distribuição e Retenção de Líquidos).

Aminoácidos

Os aminoácidos vêm sendo investigados pelos seus efeitos na absorção intestinal de água e de soluto, principalmente no contexto da reidratação oral, em casos de diarreia. Isso porque os aminoácidos como a glicina, a alanina, a L-glutamina, e a L-arginina são ativamente transportados pelo intestino (via transportadores acoplados ao sódio, diferentes do SGLT-1), o que por sua vez é pensado aumentar o fluxo de água para a corrente sanguínea (Wapnir et al., 1997). Até o momento, a maioria dos estudos não encontrou vantagens de soluções para reidratação oral (SROs) com base em aminoácidos, em comparação às SROs com base em glicose na reidratação de pacientes com diarreia (Bhan et al., 1994; Gutierrez et al., 2007), apesar desta área ser uma área de pesquisas contínuas (Das et al., 2022). Além disso, nenhum estudo mensurou a eficácia de soluções com base em aminoácidos nas taxas de absorção intestinal de líquidos em indivíduos saudáveis durante e após o exercício. Logo,

mais pesquisas são necessárias para melhor entender os efeitos dos aminoácidos na entrega de líquidos, especialmente em respeito às bebidas de reidratação para atletas.

Outras Características das Bebidas

Fatores adicionais que são pensados impactar a entrega de líquidos incluem a temperatura e o pH da bebida. Alguns estudos encontraram diferenças significativas nas taxas de esvaziamento gástrico entre bebidas frias (4 – 5°C) e mornas ou quentes (35 – 50°C), mas apenas aproximadamente nos primeiros 5 – 15 minutos após a ingestão. Além disso, o efeito é inconsistente com alguns estudos que encontraram que bebidas frias geram esvaziamento gástrico mais rápido (Costill & Saltin, 1974), e outros reportando taxas mais rápidas de esvaziamento gástrico na presença de bebidas quentes (Lambert & Maughan, 1992). Mesmo assim, não há efeitos da temperatura da bebida nas taxas gerais do esvaziamento gástrico, ou na absorção intestinal de líquidos. Isso provavelmente porque a temperatura intragástrica se equilibra rapidamente com a temperatura corporal interna após a ingestão do líquido. De maneira semelhante, o pH do estômago e os conteúdos intestinais luminiais são minimamente afetados pelos níveis de acidez presentes na maioria das bebidas, e assim o pH da bebida é improvável de influenciar na entrega de líquidos (Leiper, 2015).

A DISTRIBUIÇÃO e A RETENÇÃO DE LÍQUIDOS

Uma vez que o líquido ingerido é absorvido para a circulação, ele é distribuído para os compartimentos intra e extracelulares de líquidos, de acordo com gradientes osmóticos. A manutenção do volume extracelular, particularmente o volume do plasma, é importante para a função cardiovascular e termorregulatória. Para manter o volume do plasma e o equilíbrio de líquidos do corpo inteiro em geral, é importante que o líquido ingerido seja retido no corpo ao invés de ser eliminado pela urina. Há duas maneiras principais de atenuar a diurese e promover a retenção de líquidos: 1) estimulando a reabsorção renal de água (via sódio) e/ou 2) reduzindo a velocidade do aparecimento do líquido ingerido na circulação (via maior densidade energética da bebida) (Baker & Jeukendrup, 2014). A composição da bebida pode ter um efeito significativo na distribuição e na retenção de líquidos (Figura 4) durante o exercício, e especialmente no repouso. Durante exercícios dinâmicos com intensidade moderada à intensa, a produção de urina reduz em 50-70% devido às reduções na taxa de filtração glomerular e no fluxo sanguíneo renal mediado por um aumento na vasoconstrição renal (Zambraski, 2012). Assim, a maioria dos estudos medindo os efeitos da composição das bebidas na retenção de líquido são conduzidos antes, ou após, os exercícios.

Antes dos exercícios, o objetivo é começar o treino em um estado euhidratado. Após o exercício, no qual o atleta apresentou um déficit de massa corporal, o objetivo é ingerir líquidos para repor as perdas de suor e restaurar o balanço hídrico corporal. A reidratação rápida e completa após o exercício é importante se o atleta está participando de uma sessão de prática, ou jogo, no mesmo dia, ou em menos de 24 h. Quando há 24 horas, ou mais, entre as sessões de exercício, uma quantidade adequada de líquido pode ser normalmente consumida com os hábitos normais de alimentação e de ingestão de líquidos (ad libitum) (Shirreffs & Sawka, 2011).

Eletrólitos

Os íons mais osmoticamente ativos nos compartimentos intra e extracelulares de líquidos são o potássio e o sódio, respectivamente. Já que o líquido extracelular é o precursor para as secreções das glândulas sudoríparas, o suor é composto em sua maioria de água

Fatores que Influenciam a Distribuição e a Retenção de Líquidos

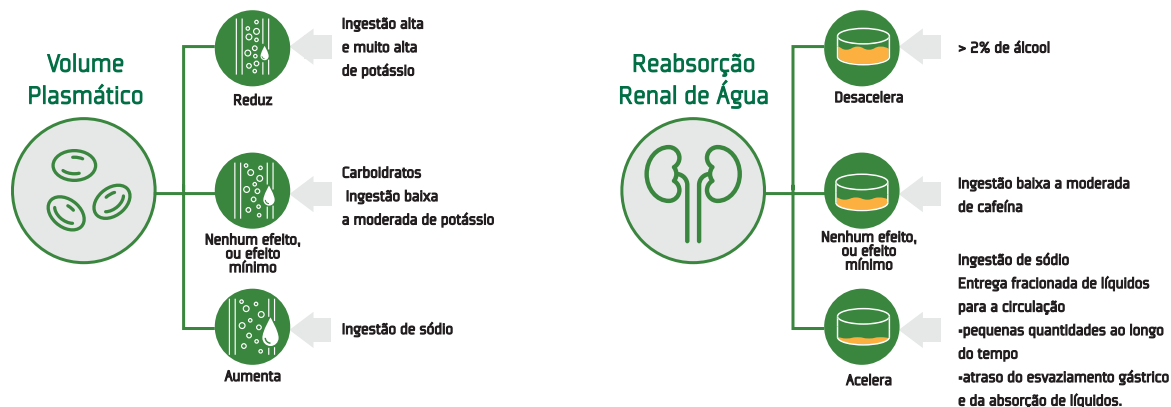


Figura 4: fatores que influenciam a distribuição e retenção de líquidos.

salgada (concentrações de sódio e cloreto de $\sim 10 - 90$ mmol/L), enquanto as concentrações de potássio são muito mais baixas ($\sim 2 - 6$ mmol/L) (Barnes et al., 2019). O sódio e o potássio são frequentemente incluídos nas bebidas esportivas para ajudar a repor as perdas devido à transpiração. Contudo, há algumas diferenças em como esses dois eletrólitos podem afetar a distribuição e a retenção de líquidos.

Não há dúvidas de que a inclusão de sódio pode ter um impacto significativo na distribuição e retenção de líquidos. O aumento da concentração sanguínea de sódio e da osmolalidade com a ingestão de sódio estimula a reabsorção renal de água e assim, reduz a produção de urina. A maioria dos estudos sugere que a retenção de líquido é significativamente melhor pela ingestão de uma bebida com concentração de sódio aproximadamente maior ou igual a $20 - 30$ mmol/L, em comparação com bebidas sem a presença, ou com muito pouco sódio (Gonzalez-Alonso et al., 1992; Maughan & Leiper, 1995; Maughan et al., 2019; Perez-Ildarraga & Aragon-Vargas, 2014). Além disso, alguns estudos encontraram uma relação linear direta entre a concentração de sódio da bebida e a retenção de líquido (Maughan & Leiper, 1995; Shirreffs & Maughan, 1998). Por exemplo, Maughan & Leiper (1995) encontraram que a porcentagem de líquido retido aumentou progressivamente à medida que a concentração de sódio da bebida aumentou de 2 mmol/L para 26 mmol/L, para 52 mmol/L, para 100 mmol/L. Além disso, pelo sódio ser o principal cátion extracelular, ingerir uma bebida com sódio promove a retenção de líquido no espaço vascular, o que pode levar a uma melhor manutenção do volume do plasma, ou sua restauração durante, ou após, o exercício (Gonzalez-Alonso et al., 1992; Hamouti et al., 2014).

Já que o potássio é um osmólito intracelular, é pensado que sua ingestão promova a retenção de água em geral pela regulação do nível de líquido intracelular. No entanto, estudos investigando os efeitos de bebidas contendo potássio na retenção de líquido encontrou resultados ambíguos. Por exemplo, Maughan et al. (1994) relatou que a ingestão de 25 mmol/L de uma bebida com potássio levou a uma produção de urina mais baixa durante a reidratação no pós-exercício, em comparação com bebida controle, livre de eletrólitos. No entanto, Shirreffs et al. (2007) não encontrou diferenças na reidratação após o exercício entre uma bebida com potássio de 30 mmol/L e a água mineral. Água de coco fresca, naturalmente rica em potássio

(~ 50 mmol/L), também foi estudada pelos seus efeitos na retenção de líquido após o exercício. Novamente, os resultados têm sido inconsistentes, com cerca de metade dos estudos mostrando que a água de coco resulta em uma melhor retenção de líquido, enquanto a outra metade relata que não haver diferenças na comparação com a água pura (Aragon-Vargas, 2016).

De maneira significativa, diversos estudos mostraram que a taxa de recuperação do volume do plasma durante a reidratação após o exercício é mais lenta com bebidas livres de sódio e ricas em potássio ($25 - 51$ mmol/L) do que as bebidas-controle. Essa observação sugere que a restauração do volume intracelular ocorre às custas do espaço extracelular quando bebidas ricas em potássio são consumidas sem sódio (Maughan et al., 1994; Nielsen et al., 1986; Shirreffs et al., 2007). Uma restauração mais lenta do volume plasmático poderia ter implicações significativas cardiovasculares e termorregulatórias para atletas que possuem treinos, ou competições no mesmo dia, especialmente se exercitando em um ambiente quente.

Carboidratos

Bebidas de reposição de líquidos para atletas frequentemente incluem carboidratos para completar o suprimento de energia antes do exercício, ou ajudar a reabastecer os estoques de glicogênio após o exercício. Diversos estudos publicados na década passada sugerem que o carboidrato também pode ajudar a promover a retenção de líquidos. Especialmente, soluções com carboidratos variando de 6% a 12% mostraram promover maior retenção de líquido em comparação com soluções-placebo equivalentes em eletrólitos, e livres de carboidratos, em um estado de repouso euhidratado (Maughan et al., 2019), assim como na reidratação após o exercício (Evans et al., 2009; Kamijo et al., 2012; Osterberg et al., 2010).

Soluções altamente concentradas de carboidratos ($10-12\%$) poderiam afetar a retenção de líquido pelo atraso do esvaziamento gástrico, ou da absorção intestinal (a partir da maior densidade energética e/ou da osmolalidade de bebidas com maior quantidade de carboidratos), que poderiam efetivamente atrasar o aparecimento de líquidos na circulação. A absorção atrasada de líquidos e/ou

a maior osmolalidade do plasma desencadeada pela bebida com carboidratos atenuaria a excreção renal de água (Baker & Jeukendrup, 2014). Outros mecanismos propostos, particularmente em relação à retenção de líquidos, se beneficiam de soluções de carboidratos menos concentradas (como 6%), e incluem um aumento mediado pela insulina na reabsorção renal de sódio e de água (Kamijo et al., 2012). Contudo, mais trabalhos são necessários para elucidar os mecanismos exatos envolvidos e suas contribuições relativas para melhorar a retenção de líquido.

Proteínas

Proteínas são frequentemente incluídas nas bebidas para a reposição de líquidos após o exercício para promover a síntese de proteínas musculares e, assim, auxiliar no processo de recuperação após a atividade física. Pesquisas sugerem que a proteína, especialmente a proteína do leite, podem ter também um papel em aumentar a retenção de líquido em indivíduos euhidratados em repouso (Maughan et al., 2016), ou durante a reidratação no pós-exercício (Evans et al., 2017). Por exemplo, múltiplos estudos relataram uma melhor retenção de líquido com bebidas contendo proteínas do leite e carboidratos em comparação com bebidas equivalentes em energia contendo apenas carboidratos (James et al., 2019). De maneira semelhante, Seifert et al. (2006) encontrou uma maior retenção de líquido com a adição de 1,5% de whey protein a uma bebida contendo carboidratos e eletrólitos a 6%. No entanto, outros estudos não relataram efeitos da whey protein na retenção de líquido durante a reidratação após o exercício (Evans et al., 2017). Os achados inconsistentes com os estudos com whey protein não são claros, mas podem estar relacionados a diferenças no volume relativo da ingestão de líquidos. Indivíduos consumiram um volume equivalente a 100% da perda de massa corporal no estudo de Seifert em comparação com 150% de reposição em outros estudos, não encontrando efeitos do whey protein na retenção de líquidos (Evans et al., 2017). Como discutido acima, possíveis mecanismos pelos quais bebidas contendo proteínas podem impactar na retenção de líquidos parecem estar relacionados à desaceleração da taxa geral de entrega de líquidos para a circulação. Um atraso na entrada de líquido na circulação iria consequentemente desacelerar a redução na osmolalidade do soro e, portanto, prolongar o estímulo para a reabsorção renal de água (Evans et al., 2017).

RESUMO E APLICAÇÕES PRÁTICAS

A reposição de perdas hídricas durante e após o exercício é um processo envolvendo diversas etapas, começando com a ingestão de líquido, e culminando na absorção dele para a corrente sanguínea, onde ele é eventualmente distribuído para os espaços intra e extracelulares de líquidos do corpo. A reposição adequada é influenciada, em parte, pela composição da bebida, já que a presença de certos ingredientes (e os tipos e quantidades) podem facilitar, ou atrapalhar, o processo de reidratação. Além da água, os ingredientes mais importantes para se considerar na bebida de reidratação são os carboidratos, os eletrólitos, e também o sabor. Além disso, o momento da ingestão de líquidos, assim como outros objetivos nutricionais (como provisão de energia durante o exercício, ou síntese de proteínas após o exercício), são fatores importantes para se considerar quando se determina a bebida adequada para a reposição de líquidos em atletas.

Durante o Exercício

A disponibilidade de bebidas palatáveis/preferidas é o primeiro, e talvez, mais importante passo no processo de reposição de líquidos para garantir a reidratação adequada durante o exercício. Enquanto as preferências individuais podem variar, em geral, líquidos frescos/frios (~15°C), levemente adoçados com aromatizantes são preferidos pelos atletas e levam a uma maior ingestão de líquidos.

O sódio é o íon mais osmoticamente ativo no líquido extracelular e o principal eletrólito perdido no suor. Logo, o sódio é um eletrólito essencial para se consumir durante o exercício, quando o objetivo é a reposição de perdas de líquido pelo suor, manutenção do balanço eletrolítico, e a restauração do volume do plasma.

A quantidade e o tipo de carboidrato em uma bebida têm papéis muito importantes na reidratação durante o exercício. Além disso, dependendo do objetivo do atleta, ou das condições do ambiente e do exercício, a provisão de energia também precisa ser considerada.

- Quando a reidratação é prioridade, formulações com concentrações mais baixas de carboidratos e menor osmolalidade são preferíveis para a entrega rápida de líquidos para a circulação.
- Quando ambos, a provisão de energia e a reposição de líquido são importantes, a bebida ideal seria formulada para entregar nutrientes ao corpo sem impedir o esvaziamento gástrico e a absorção intestinal de água.
- Contudo, quando as taxas de suor são mais baixas (como, temperaturas frias), ou altas taxas de entrega de carboidratos são necessárias (> 2 horas do exercício), bebidas mais concentradas podem ser aceitáveis (Jeukendrup, 2010). O leitor é direcionado a outras revisões que discutem a ideia de possíveis escolhas de carboidratos e a ingestão de líquidos durante o exercício (Coyle & Montain, 1992).

Antes e Depois do Exercício

As duas principais maneiras, nas quais a composição da bebida pode atenuar a diurese e promover a retenção de líquidos são estimular a reabsorção renal de água (via sódio) e/ou desacelerar o aparecimento do líquido ingerido na circulação (através de bebidas com maior densidade energética). Contudo, os atletas deveriam considerar a duração entre as sessões de exercícios, quando decidirem a composição mais apropriada da bebida para a reposição de líquidos.

- Se o atleta está significativamente desidratado e a próxima sessão de treinamento, ou jogo, é em poucas horas, a rápida reidratação é necessária. Nestas situações, os atletas deveriam consumir líquidos contendo sódio (com relativamente pouca densidade energética) para promover a retenção de líquido e a restauração do volume do plasma, sem atrasar a entrega de líquidos para a circulação. Líquidos densos em energia podem não ser adequados quando a rápida reidratação é necessária, já que o retardo do esvaziamento gástrico poderia causar desconforto gastrointestinal durante o exercício subsequente.

- O leite e outras bebidas densas em energia com base em carboidratos/proteínas são bebidas de reidratação eficazes quando há diversas horas entre as sessões de exercício. Outra forma prática de ajudar a atenuar a diurese durante a reidratação é pela ingestão de água em combinação com alimentos, se há tempo suficiente para digerir um lanche, ou refeição, antes da próxima sessão de exercício (Evans et al., 2017).

Em relação à eficácia da reidratação relacionada a componentes comuns em bebidas consumidas ao longo do dia, uma quantidade moderada de cafeína (até 400 mg) não impacta o balanço hídrico geral (Maughan et al., 2019). Por outro lado, bebidas com mais de 2% de teor de álcool podem prejudicar a reidratação, porque elas estimulam a diurese (Evans et al., 2017).

A autora é funcionária do Instituto Gatorade de Ciências dos Esportes, uma divisão da PepsiCo, departamento de P&D. Os pontos de vista expressos neste artigo são da autora e não refletem necessariamente a posição, ou políticas da PepsiCo, Inc.

REFERÊNCIAS

- Adolph, E.F., J.P. Barker, and P.A. Hoy (1954). Multiple factors in thirst. *Am. J. Physiol.* 178:538-562.
- Aragon-Vargas, L.F. (2016). Need of other elements. In: F. Meyer, Z. Szygula, & B. Wilk (Eds.). *Fluid Balance, Hydration, and Athletic Performance*. Taylor and Francis Group, LLC. pp. 397-425.
- Atia, A.N., and A.L. Buchman (2009). Oral rehydration solutions in non-cholera diarrhea: a review. *Am. J. Gastroenterol.* 104:2596-2604.
- Baker, L.B., and A.E. Jeukendrup (2014). Optimal composition of fluid-replacement beverages. *Compr. Physiol.* 4:575-620.
- 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.
- Barnes, K.A., M.L. Anderson, J.R. Stofan, K.J. Dalrymple, A.J. Reimel, T.J., Roberts, R.K. Randell, C.T. Ungaro, and L.B. Baker (2019). Normative data for sweating rate, sweat sodium concentration, and sweat sodium loss in athletes: An update and analysis by sport. *J. Sports Sci.* 37:2356-2366.
- Bhan, M.K., D. Mahalanabis, O. Fontaine, and N.F. Pierce (1994). Clinical trials of improved oral rehydration salt formulations: a review. *Bull. World Health Organ.* 72:945-955.
- Brouns, F., J. Senden, E.J. Beckers, and W.H. Saris (1995). Osmolarity does not affect the gastric emptying rate of oral rehydration solutions. *J. Parenter. Enteral. Nutr.* 19:403-406.
- Burdon, C.A., N.A. Johnson, P.G. Chapman, and H.T. O'Connor (2012). Influence of beverage temperature on palatability and fluid ingestion during endurance exercise: a systematic review. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 22:199-211.
- Burn-Murdoch, R.A., M.A. Fisher, and J.N. Hunt (1978). The slowing of gastric emptying by proteins in test meals. *J. Physiol.* 274:477-485.
- Calbet, J.A., and J.J. Holst (2004). Gastric emptying, gastric secretion and enterogastrone response after administration of milk proteins or their peptide hydrolysates in humans. *Eur. J. Nutr.* 43:127-139.
- Clapp, A.J., P.A. Bishop, J.F. Smith, and E.R. Mansfield (2000). Effects of carbohydrate-electrolyte content of beverages on voluntary hydration in a simulated industrial environment. *AIHAJ*, 61:692-699.
- Costill, D.L., and B. Saltin (1974). Factors limiting gastric emptying during rest and exercise. *J. Appl. Physiol.* 37:679-683.
- Coyle, E., and S.J. Montain (1992). Carbohydrate and fluid ingestion during exercise: are there trade-offs? *Med. Sci. Sports Exerc.* 24:671-678.
- Das, R., R.A. Sobi, A.A. Sultana, B. Nahar, P.K. Bardhan, L. Luke, O. Fontaine, and T. Ahmed (2022). A double-blind clinical trial to compare the efficacy and safety of a multiple amino acid-based ORS with the standard WHO-ORS in the management of non-cholera acute watery diarrhea in infants and young children: "VS002A" trial protocol. *Trials* 23:706.
- Evans, G.H., S.M. Shirreffs, and R.J. Maughan (2009). Postexercise rehydration in man: the effects of osmolality and carbohydrate content of ingested drinks. *Nutrition* 25:905-913.
- 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.
- Evans, G.H., L.J. James, S.M. Shirreffs, and R.J. Maughan (2017). Optimizing the restoration and maintenance of fluid balance after exercise-induced dehydration. *J. Appl. Physiol.* 122:945-951.
- Ferraris, R.P., and J. Diamond (1997). Regulation of intestinal sugar transport. *Physiol. Rev.* 77:257-302.
- Fordtran, J.S. (1975). Stimulation of active and passive sodium absorption by sugars in the human jejunum. *J. Clin. Invest.* 55:728-737.
- Gisolfi, C.V., R.D. Summers, H.P. Schedl, and T.L. Bleiler (1995). Effect of sodium concentration in a carbohydrate-electrolyte solution on intestinal absorption. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27:1414-1420.
- Gonzalez-Alonso, J., C.L. Heaps, and E.F. Coyle (1992). Rehydration after exercise with common beverages and water. *Int. J. Sports Med.* 13 :399-406.
- Gutierrez, C., S. Villa, F.R. Mota, and J.J. Calva (2007). Does an L-glutamine-containing, glucose-free, oral rehydration solution reduce stool output and time to rehydrate in children with acute diarrhoea? A double-blind randomized clinical trial. *J. Health Popul. Nutr.* 25:278-284.
- Hamouti, N., V.E. Fernandez-Elias, J.F. Ortega, and R. Mora-Rodriguez (2014). Ingestion of sodium plus water improves cardiovascular function and performance during dehydrating cycling in the heat. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 24:507-518.
- James, L.J., E.J. Stevenson, P.L.S. Rumbold, and C.J. Hulston (2019). Cow's milk as a post-exercise recovery drink: implications for performance and health. *Eur. J. Sport Sci.* 19:40-48.
- Jentjens, R.L., K. Underwood, J. Achten, K. Currell, C.H. Mann, and A.E. Jeukendrup (2006). Exogenous carbohydrate oxidation rates are elevated after combined ingestion of glucose and fructose during exercise in the heat. *J. Appl. Physiol.* 100:807-816.
- Jeukendrup, A.E. (2010). Carbohydrate and exercise performance: the role of multiple transportable carbohydrates. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care* 13:452-457.
- Jeukendrup, A.E., and L. Moseley (2010). Multiple transportable carbohydrates enhance gastric emptying and fluid delivery. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 20:112-121.
- Jeukendrup, A.E., K. Currell, J. Clarke, J. Cole, and A.K. Blannin (2009). Effect of beverage glucose and sodium content on fluid delivery. *Nutr. Metab.* 6:9.
- Kamijo, Y., S. Ikegawa, Y. Okada, S. Masuki, K. Okazaki, K. Uchida, M. Sakurai, and H. Nose (2012). Enhanced renal Na⁺ reabsorption by carbohydrate in beverages during restitution from thermal and exercise-induced dehydration in men. *Am. J. Physiol.* 303:R824-R833.
- Lambert, C.P., and R.J. Maughan (1992). Accumulation in the blood of a deuterium tracer added to hot and cold beverages. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 2:76-78.
- Lambert, G.P., X. Shi, and R. Murray (2012). The gastrointestinal system. In: P.A. Farrell, M.J. Joyner, & V.J. Caiozzo (Eds.). *ACSM's Advanced Exercise Physiology* (2nd ed.). Lippincott Williams & Wilkins. pp. 348-362.
- 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.
- Maughan, R.J., and J.B. Leiper (1995). Sodium intake and post-exercise rehydration in man. *Eur. J. Appl. Physiol.* 71:311-319.
- Maughan, R.J., J.H. Owen, S.M. Shirreffs, and J.B. Leiper (1994). Post-exercise rehydration in man: effects of electrolyte addition to ingested fluids. *Eur. J. Appl. Physiol.* 69:209-215.
- Maughan, R.J., P. Watson, P.A. Cordery, N.P. Walsh, S.J. Oliver, A. Dolci, N. Rodriguez-Sanchez, and S.D. Galloway (2016). A randomized trial to assess the potential of different beverages to affect hydration status: development of a beverage hydration index. *Am. J. Clin. Nutr.* 103:717-723.
- Maughan, R.J., P. Watson, P.A.A. Cordery, N.P. Walsh, S.J. Oliver, A. Dolci, N. Rodriguez-Sanchez, and S.D.R. Galloway (2019). Sucrose and sodium but not caffeine content influence the retention of beverages in humans under euhydrated conditions. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 29:51-60.
- 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.
- Minehan, M.R., M.D. Riley, and L.M. Burke (2002). Effect of flavor and awareness of kilojoule content of drinks on preference and fluid balance in team sports. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 12:81-92.

- Murray, R., and J.R. Stofan (2001). Formulating carbohydrate-electrolyte drinks for optimal efficacy. In: R.J. Maughan and R. Murray (eds.). *Sports Drinks: Basic Science and Practical Aspects*. CRC Press.
- Murray, B., and X. Shi (2006). The gastrointestinal system. In C. M. Tipton (Ed.), *ACSM's Advanced Exercise Physiology*, Lippincott Williams & Wilkins. pp. 357-369.
- Murray, R., W. Bartoli, J. Stofan, M. Horn, and D. Eddy (1999). A comparison of the gastric emptying characteristics of selected sports drinks. *Int. J. Sport Nutr.* 9:263-274.
- Neufer, P.D., A.J. Young, and M.N. Sawka (1989). Gastric emptying during exercise: effects of heat stress and hypohydration. *Eur. J. Appl. Physiol.* 58:433-439.
- Nielsen, B., G. Sjogaard, J. Ugelvig, B. Knudsen, and B. Dohmann (1986). Fluid balance in exercise dehydration and rehydration with different glucose-electrolyte drinks. *Eur. J. Appl. Physiol.* 55:318-325.
- Nose, H., G.W. Mack, X.R. Shi, and E.R. Nadel (1988). Role of osmolality and plasma volume during rehydration in humans. *J. Appl. Physiol.* 65:325-331.
- Osterberg, K.L., S.E. Pallardy, R.J. Johnson, and C.A. Horswill (2010). Carbohydrate exerts a mild influence on fluid retention following exercise-induced dehydration. *J. Appl. Physiol.* 108:245-250.
- Passe, D.H. (2001). Physiological and psychological determinants of fluid intake. In: R.J. Maughan and R. Murray (Eds.). *Sports Drinks: Basic Science and Practical Aspects*. CRC Press. pp. 45-87.
- Passe, D.H., M. Horn, and R. Murray (2000). Impact of beverage acceptability on fluid intake during exercise. *Appetite* 35:219-229.
- Passe, D.H., M. Horn, J. Stofan, and R. Murray (2004). Palatability and voluntary intake of sports beverages, diluted orange juice, and water during exercise. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 14:272-284.
- Perez-Irarraga, A., and L.F. Aragon-Vargas (2014). Postexercise rehydration: potassium-rich drinks versus water and a sports drink. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 39:1167-1174.
- Rehrer, N.J., E.J. Beckers, F. Brouns, F. ten Hoor, and W.H. Saris (1990). Effects of dehydration on gastric emptying and gastrointestinal distress while running. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22:790-795.
- Rehrer, N.J., A.J. Wagenmakers, E.J. Beckers, D. Halliday, J.B. Leiper, F. Brouns, R.J. Maughan, K. Westerterp, and W.H. Saris (1992). Gastric emptying, absorption, and carbohydrate oxidation during prolonged exercise. *J. Appl. Physiol.* 72:468-475.
- Rivera-Brown, A.M., R. Gutierrez, J.C. Gutierrez, W.R. Frontera, and O. Bar-Or (1999). Drink composition, voluntary drinking, and fluid balance in exercising, trained, heat-acclimatized boys. *J. Appl. Physiol.* 86:78-84.
- Rivera-Brown, A.M., F.A. Ramirez-Marrero, B. Wilk, and O. Bar-Or (2008). Voluntary drinking and hydration in trained, heat-acclimatized girls exercising in a hot and humid climate. *Eur. J. Appl. Physiol.* 103:109-116.
- Rowlands, D.S., B.H. Kopetschny, and C.E. Badenhorst (2022). The hydrating effects of hypertonic, isotonic and hypotonic sports drinks and waters on central hydration during continuous exercise: A systematic meta-analysis and perspective. *Sports Med.* 52:349-375.
- Seifert, J., J. Harmon, and P. DeClercq (2006). Protein added to a sports drink improves fluid retention. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 16:420-429.
- Shi, X., and D.H. Passe (2010). Water and solute absorption from carbohydrate-electrolyte solutions in the human proximal small intestine: a review and statistical analysis. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 20:427-442.
- Shi, X., R.W. Summers, H.P. Schedl, S.W. Flanagan, R. Chang, and C.V. Gisolfi (1995). Effects of carbohydrate type and concentration and solution osmolality on water absorption. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27:1607-1615.
- Shi, X., W. Bartoli, M. Horn, and R. Murray (2000). Gastric emptying of cold beverages in humans: effect of transportable carbohydrates. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 10:394-403.
- 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.
- Shirreffs, S.M. (2003). The optimal sports drink. *Sportmedizin und Sporttraumatologie*, 51:25-29.
- Shirreffs, S.M., and R.J. Maughan (1998). Volume repletion after exercise-induced volume depletion in humans: replacement of water and sodium losses. *Am. J. Physiol.* 274:F868-F875.
- Shirreffs, S.M., and M.N. Sawka (2011). Fluid and electrolyte needs for training, competition, and recovery. *J. Sports Sci.* 29(Suppl 1):S39-S46.
- Shirreffs, S.M., L.F. Aragon-Vargas, M. Keil, T.D. Love, and S. Phillips. (2007). Rehydration after exercise in the heat: a comparison of 4 commonly used drinks. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 17:244-258.
- Taim, B.C., H.T. Suppiah, J. Wee, M. Lee, J.K.W. Lee, and M. Chia (2021). Palatable flavoured fluids without carbohydrates and electrolytes do not enhance voluntary fluid consumption in male collegiate basketball players in the heat. *Nutrients* 13:4197.
- Wapnir, R.A., M.A. Wingertzahn, and S. Teichberg (1997). L-arginine in low concentration improves rat intestinal water and sodium absorption from oral rehydration solutions. *Gut* 40:602-607.
- Wemple, R.D., T.S. Morocco, and G.W. Mack (1997). Influence of sodium replacement on fluid ingestion following exercise-induced dehydration. *Int. J. Sport Nutr.* 7:104-116.
- Wilk, B., and O. Bar-Or (1996). Effect of drink flavor and NaCl on voluntary drinking and hydration in boys exercising in the heat. *J. Appl. Physiol.* 80:1112-1117.
- Wilk, B., A.M. Rivera-Brown, and O. Bar-Or (2007). Voluntary drinking and hydration in non-acclimatized girls exercising in the heat. *Eur. J. Appl. Physiol.* 101:727-734.
- Zambraski, E.J. (2012). The renal system. In: P.A. Farrell, M.J. Joyner, & V.J. Caiozzo (Eds.), *ACSM's Advanced Exercise Physiology* (2nd ed.). Lippincott Williams & Wilkins. pp. 551-563.