



METODOLOGIA PARA O TESTE DE SUOR EM CAMPO: DESAFIOS E MELHORES PRÁTICAS

Publicado: Janeiro de 2017 / Autor: **Lindsay B. Baker**, PhD/Tópicos: Hidratação e Termorregulação
Lindsay B. Baker, PhD | Instituto Gatorade de Ciências dos Esportes | Barrington, IL | Estados Unidos da América

- A quantidade de água e de eletrólitos (principalmente o sódio Na+) perdidos como consequência da sudorese termorreguladora durante os exercícios, pode variar consideravelmente em um mesmo atleta e entre os atletas. A variação relatada da taxa de suor e da concentração de Na+ no suor ([Na+]) é ~0,5 a 2,0 l/h e ~10-90mmol/l, respectivamente.
- Fatores da variabilidade intra e interindividual na taxa de suor e na concentração de Na+ do suor durante os exercícios incluem a intensidade do exercício, condições ambientais, estado de aclimação ao calor, capacidade aeróbica, predisposição genética, composição/tamanho corporal, equipamentos de proteção, sexo do indivíduo, dieta e estado de hidratação.
- Testes de suor podem ser conduzidos para estimar individualmente as taxas de suor e a perda de Na+ pelo suor para ajudar na realização de recomendações personalizadas de reposição de líquidos e de eletrólitos.
- No entanto, as práticas metodológicas sem padronização e condições desafiadoras do local podem produzir resultados inconsistentes/imprecisos dos testes de suor.
- Com base nos resultados de estudos realizados até o momento, assim como algumas considerações práticas, são propostas as melhoras práticas atualmente em relação ao teste de suor em campo (incluindo a coleta, armazenamento, análise e interpretação).

LEITURA RECOMENDADA

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

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

Abril de 2019 SSE #182: Monitoramento da Temperatura Interna Corporal

INTRODUÇÃO

Os atletas perdem líquidos e eletrólitos como consequência da sudorese termorreguladora durante treinos e competições. Em algumas situações, as perdas de suor podem ser suficientes para causar um desequilíbrio excessivo de água/eletrólitos e prejudicar a performance (Sawka et al., 2007; Shirreffs & Sawka, 2011). Já é bem estabelecido que as taxas de suor e as concentrações de eletrólitos podem variar amplamente em um mesmo indivíduo ou entre os atletas. Portanto, é recomendado que as estratégias de reposição de líquidos sejam personalizadas a cada indivíduo, assim como customizadas para as condições específicas (intensidade do exercício, condições ambientais etc.) do treino/competição (Maughan & Shirreffs, 2008; Sawka et al., 2007; Shirreffs & Sawka, 2011). Muitos cientistas e médicos conduzem testes de suor com os atletas para estimar as perdas de líquidos e eletrólitos durante os exercícios. No entanto, as práticas metodológicas não padronizadas e as condições desafiadoras do local podem produzir resultados inconsistentes/imprecisos (Dziedzic et al., 2014; Taylor & Machado-Moreira, 2013). O objetivo principal deste artigo é fornecer 1) uma visão geral da literatura em relação à metodologia dos testes de suor, 2) discutir o efeito das variações metodológicas nas taxas de suor e concentrações de eletrólitos do suor, e 3) propor as melhores práticas para a realização dos testes de suor em campo.

BENEFÍCIOS DO TESTE DE SUOR

Os testes de suor podem ajudar a identificar as necessidades individuais de líquidos e eletrólitos e melhorar as estratégias de hidratação. Estudos científicos mostram que ao fazer exercícios no calor, os atletas tendem a ingerir menor quantidade de líquidos, mesmo em condições favoráveis. Por estas razões ao se realizar o teste de suor, nós podemos identificar a necessidade de hidratação de cada indivíduo e saber exatamente o quanto de líquido e eletrólitos o atleta precisa, e com base nestes dados podemos desenvolver um protocolo de hidratação individualizado para obter o máximo da performance na prática de exercícios.

Para mais informações sobre nutrição nos esportes visite:

www.gssiweb.org

O SUOR TERMORREGULADOR

A taxa de suor de corpo inteiro normalmente varia de ~0,5 a ~2,0 l/h (17 a 68 oz/h), mas pode ser > 3,0 l/h (101 oz/h) em raras ocasiões (Baker et al., 2015; Sawka et al., 2007). Esta grande variabilidade é causada por muitos fatores que serão discutidos apenas brevemente aqui (veja Armstrong & Maresh, 1998 e Sawka et al., 2011 para uma revisão mais detalhada). Durante os exercícios, o meio principal pelo qual o corpo ganha calor é o metabolismo (que é diretamente proporcional à intensidade do exercício) e o ambiente, portanto, estes fatores são os principais estímulos para o mecanismo de suor (Gagnon et al., 2013). A resposta do suor ao estresse térmico gerado pelo exercício pode ser melhorada através da aclimação ao calor e do treino aeróbico e reduzida pela desidratação (Armstrong & Maresh, 1998). Outros fatores como a composição/tamanho corporal ou a utilização de equipamentos podem modificar a taxa de suor devido ao impacto que geram no ganho metabólico de calor e/ou na capacidade de perda de calor (Sawka et al., 2007).

O suor é composto por água assim como muitos eletrólitos e outros constituintes. No entanto, este artigo irá focar principalmente no sódio (Na+), já que ele é o eletrólito perdido em maiores quantidades e tem o impacto mais significativo na hidratação (Shirreffs e Sawka, 2011). A [Na+] do suor normalmente varia de ~10 a ~90mmol/l (quando medida através de método local) (Baker et al., 2015). A [Na+] do suor excretada pela superfície da pele é determinada principalmente pela taxa de reabsorção de Na+ pelos ductos de suor; e os fatores predominantes que ditam essa reabsorção de Na+ incluem a taxa do fluxo de suor e a atividade do íon transportador (Na+/K+-ATPase) (Sato, 1977). As taxas do fluxo de suor e a [Na+] do suor acentuadas estão diretamente relacionadas (Buono et al., 2007). Por exemplo, um aumento acentuado na taxa do fluxo de suor através do ducto da glândula sudorípara, devido a movimentos mais rigorosos (Buono et al., 2007) ou temperaturas ambientais mais quentes (Dziedzic et al., 2014), podem levar ao aumento

da [Na⁺] do suor. Adaptações crônicas na [Na⁺] do suor podem também ocorrer. Por exemplo, a aclimação ao calor e a restrição de Na⁺ alimentar geram uma melhor conservação de sal através da redução da [Na⁺] no suor devido a alterações na atividade da glândula de suor Na⁺/K⁺-ATPase (Eichner, 2008; Kirby & Convertino, 1986). O leitor é direcionado a outras fontes para informações mais profundas sobre os fatores da determinação da [Na⁺] no suor e os mecanismos inerentes (Eichner, 2008; Sato, 1977).

MÉTODOS PARA O TESTE DE SUOR EM CAMPO

Taxa de Suor de Corpo Inteiro

Apesar de não haver um método padrão ouro para medir o estado de hidratação ou a taxa de suor de corpo inteiro, a avaliação mais simples e mais precisa é através do balanço de massa (Armstrong, 2007). Isto é, a alteração acentuada na massa corporal em relação a antes e depois do exercício pode ser utilizada para calcular as perdas termorreguladoras de suor. Uma alteração acentuada na massa corporal representa 1ml (0,03oz) de água (suor) perdido por 1g (0,002lb) de perda de massa corporal. No entanto, fatores de alteração na massa corporal que não são do suor (exemplo, ingestão de líquidos/alimentos, excreção de urina/fezes, perda respiratória de água, perda metabólica de massa, suor retido em vestimentas) deveriam também ser medidos e contabilizados, quando possível (Maughan et al., 2007). Por exemplo, em um estudo com corredores, quando as correções cabíveis não foram realizadas, a perda de urina levou a uma superestimação da perda de suor de 16-37%, e combinada com a perda respiratória de água e perda metabólica de massa gerou uma superestimação da perda de suor de 9-20%. O suor retido nas vestimentas resultou em uma subestimação de 8-10% da perda de suor (Cheuvront et al., 2002). A seguinte seção descreve os métodos e os materiais necessários (Tabela 1) para a medição em campo da taxa de suor de corpo inteiro.

Imediatamente antes do exercício, os atletas devem esvaziar suas bexigas e depois medir suas massas corporais em uma balança digital (o mais próximo de 0,10kg (0,22lb)). Para evitar confundir o efeito do suor preso nas roupas/uniformes, os atletas devem ser pesados nus ou com o mínimo de roupa possível (por exemplo, shorts de compressão para homens, shorts e top esportivo para mulheres). A ingestão de líquido ad libitum (à vontade) durante os exercícios pode ser determinada pela pesagem das garrafas de bebidas antes e após o consumo. A água e/ou a bebida esportiva da preferência do atleta, em garrafas etiquetadas especificamente para cada atleta, deve ser fornecida pelos investigadores e estar disponível durante todo o exercício. Os atletas devem ser instruídos a evitar cuspir, derramar ou entornar o líquido das garrafas etiquetadas utilizadas com o propósito de teste. Se o atleta desejar despejar água nele mesmo, ele pode utilizar uma garrafa adicional de água marcada para a utilização apenas com este propósito. A ingestão ad libitum de alimentos durante o exercício pode ser determinada pela pesagem do produto (exemplo, barras, gel ou gomas) em suas embalagens antes e após o consumo. Se o atleta precisar urinar durante o exercício ele deve receber um recipiente previamente pesado e deve ser solicitado a ele que colete toda a urina para pesagem posterior. Se os atletas precisarem defecar durante o teste, eles devem ser instruídos para informar os pesquisadores, para que sua massa corporal possa ser medida antes e após ir ao banheiro (para determinar a perda de massa fecal). Após a finalização da sessão de exercícios, os atletas devem se secar com a ajuda de toalhas e depois terem suas massas corporais medidas com a mesma balança e vestindo as mesmas roupas (ou nus, se possível) que as roupas utilizadas na avaliação da massa corporal antes do exercício. Os investigadores do estudo e a equipe de treinamento dos atletas devem observar cuidadosamente os atletas durante os exercícios e documentar quaisquer desvios do protocolo.

A perda do suor e a taxa de suor de corpo inteiro podem ser estimadas utilizando as seguintes fórmulas:

Equação 1: WBSL (L) = [Massa CorporalPRÉ-EX – (Massa CorporalPÓS-EX – Ingestão de Líquidos + UrinaEX)]

Equação 2: WBSR (L/h) = WBSL / Duração do Exercício

Onde EX significa durante o exercício, PRÉ-EX significando antes do exercício,

PÓS-EX após o exercício, WBSL significa a perda de suor de corpo inteiro, e WBSR a taxa de suor de corpo inteiro.

Item	Comentários
Balança digital de plataforma	Precisão de 0,10 kg ou mais; para medição da massa corporal
Balanças pequenas de bancada	Uma balança para medir o peso em gramas das garrafas para bebidas e dos alimentos, e outra balança para medir em gramas a amostra de urina
Garrafas para bebidas	Pelo menos uma garrafa para cada tipo de bebida (exemplo, água, bebida esportiva etc.)
Bebida(s) para reposição de líquido	Tipo e quantidade depende da preferência do atleta
Recipiente plástico de 1 litro	Pesado previamente; para a coleta de urina
Toalhas	Para o atleta se secar antes da pesagem da massa corporal
Relógio ou cronômetro	Para medir a duração do exercício

Veja o texto para a discussão e referências auxiliares.

Tabela 1. Equipamentos e materiais recomendados para a medição em campo da taxa de suor do corpo inteiro.

Se a intensidade do exercício (por exemplo, o gasto de energia) é medida ou estimada durante o teste de suor, então ajustes ao cálculo da taxa de suor podem ser realizados para a perda metabólica de massa e para a perda respiratória de água. Para resultados mais precisos, estes ajustes são recomendados em exercícios mais longos que 2-3 horas (Sawka et al., 2007); especialmente quando a intensidade do exercício for maior e/ou o ar ambiente estiver seco (Cheuvront et al., 2002; Maughan et al., 2007). O leitor é direcionado aos seguintes trabalhos contendo as equações para calcular a perda de massa a partir da oxidação de substrato e da água da respiração (Maughan et al., 2007; Mitchell et al., 1972). Não há fórmulas atualmente disponíveis para corrigir o suor retido nas vestimentas em diferentes conjuntos de roupas/uniformes; no entanto, o leitor é direcionado a outras fontes para mais informações (Cheuvront et al., 2002).

Concentração local de Sódio no Suor

O exercício está associado com necessidades energéticas maiores dos músculos contráteis. Esta energia pode ser obtida pela oxidação de carboidratos (glicose) ou de gorduras, ou pela glicólise anaeróbica isoladamente (em períodos relativamente mais curtos).

A oxidação de carboidratos durante o exercício é parcialmente dependente da ingestão exógena de carboidratos. A glicose ingerida durante o exercício é oxidada de maneira dose-dependente até que um platô de ~1,0g/min seja tingido. Foi proposto que este limite é devido à absorção exógena de glicose ser máxima nestas taxas de ingestão de glicose (Hawley et al., 1992).

Muitos estudos têm avaliado se bebidas com frutose podem ser benéficas durante a prática de atividade física. Identificadas como "13C frutose", foram mostradas como sendo oxidadas durante o exercício (Jandrain et al., 1993); no entanto, a frutose pura não conferiu nenhuma vantagem em comparação à glicose. Na verdade, efeitos gastrointestinais adversos secundários pela absorção incompleta da frutose pura, puderam ser observados (Jeukendrup, 2010). A frutose, no entanto, pode ter efeito benéfico quando administrada junto com a glicose,

pelo aumento na absorção intestinal total de hexoses. De fato, a frutose entra no enterócito através do processo facilitado pelo transportador de glicose GLUT-5, ao invés do SGLT1 utilizado para a absorção da glicose. Muitos estudos documentaram que foi obtida uma maior oxidação total máxima de carboidratos exógenos com a ingestão de misturas de frutose-glicose versus a glicose isoladamente (Jeukendrup, 2010). O aumento na oxidação total de carboidratos com a adição de frutose às bebidas de glicose em atletas se exercitando (Jeukendrup, 2010), pode parecer surpreendente, dada à ausência da frutoquinase na musculatura esquelética, e o fato de que a hexoquinase muscular tem afinidade muito menor pela frutose do que pela glicose. Parece, portanto, refletir a oxidação muscular de glicose e/ou lactato sintetizados a partir da frutose nos hepatócitos.

Coleta de Suor

Primeiro, é importante notar que, para se obter os resultados representativos do teste de suor durante o exercício, os adesivos (quando possível) devem ser aplicados após o início da atividade física. A taxa de suor aumenta gradualmente desde o início do exercício até que um estado mais estável seja alcançado. Apesar do momento ideal para a aplicação dos adesivos não ter sido determinado e provavelmente poder variar dependendo de múltiplos fatores (intensidade do exercício, condições ambientais, estado de aclimatação ao calor, etc.), foi sugerido que aplicar os adesivos ~20-30 minutos do início da sessão de treinamento irá fornecer uma taxa de suor mais estável, e portanto, os resultados da $[Na^+]$ serão mais indicativos do exercício do que o mecanismo de suor inicial (Morris et al., 2013). No entanto, pesquisas adicionais são necessárias para determinar o impacto do momento da aplicação dos adesivos sobre a $[Na^+]$ do suor para ajudar a informar as melhores práticas para o teste.

Imediatamente antes da aplicação do adesivo, a pele do atleta deve ser limpa com álcool, enxaguada com água destilada ou deionizada, e depois seca com gaze ou papel toalha livres de eletrólitos. Enquanto os pesquisadores sugerem que a limpeza meticulosa e com esfregão é necessária para evitar a contaminação da superfície da pele (da descamação da pele e com resíduos minerais) com minerais traços (ferro, zinco, cobre, magnésio e cálcio), não há evidências de que isso seja necessário quando se mede a $[Na^+]$ do suor e a concentração de potássio ($[K^+]$) (Ely et al., 2011). Para minimizar possíveis problemas de os adesivos ficarem soltos ou caírem da pele, os investigadores podem querer raspar a área anteriormente a aplicação do adesivo. Além disso, o adesivo do antebraço pode ser coberto com uma manga feita com material respirável para prevenir a perda de aderência. Os adesivos devem ser monitorados durante o exercício e removidos quando amostra suficiente é absorvida (como determinado pela avaliação visual), mas antes que a saturação seja atingida. Então, após a separação da cobertura adesiva, o pad absorvente deve ser colocado em um tubo plástico hermético com a utilização de uma pinça limpa. Durante a aplicação e remoção do adesivo o pesquisador deve usar luvas limpas, livres de eletrólitos para prevenir a contaminação da amostra de suor. Para extrair o suor do pad absorvente, o pad pode ser 1) colocado em um tubo de filtragem e posteriormente centrifugado em ~3000 rpm por ~10 minutos (por exemplo, se há o planejamento de envio a um laboratório para análise) ou 2) colocado no corpo de uma seringa plástica e espremida com o êmbolo (por exemplo, se há o planejamento de conduzir a análise em campo).

Armazenamento do Suor

Se os pads absorventes ou amostras de suor precisarem ser estocados/transportados para um laboratório para a posterior análise, os tubos de armazenagem devem ser selados para prevenir a evaporação. Alguns estudos investigaram os efeitos da temperatura de armazenagem das amostras e a duração da $[Na^+]$ do suor. As diretrizes estabelecidas para os testes de suor no diagnóstico da fibrose cística recomenda que as amostras sejam estocadas na temperatura de ~4°C (~39°F) (por exemplo, refrigeradas) por um máximo de 3 dias para prevenir a evaporação (Collie et al., 2014). No entanto, os estudos nos

quais estas diretrizes são baseadas não investigaram períodos mais longos da armazenagem das amostras (exemplo, ~1 semana) ou o impacto na $[Na^+]$ do suor. Deste modo, mais trabalhos são necessários para elucidar as melhores práticas para a máxima duração da armazenagem dos pads absorventes e das amostras de suor.

Item	Comentários/Exemplos
Coleta	
Adesivos absorventes	Feitos com gaze e cobertura com adesivo oclusivo (exemplo, Tegaderm™) ou vendidos comercialmente (exemplo, 3M™ ou Technical Absorbents Ltd.); com pads com tamanho de ~10-30 cm ²
Manguito com tecido leve e respirável	Para proteção do adesivo para a coleta de suor no antebraço (exemplo, tecido elástico de cobertura tubular Surgilast®)
Pinças	Limpas e livres de sódio; de aço inoxidável ou plástico descartável; para remoção do adesivo da pele
Paninhos com álcool	Para limpeza da pele antes da aplicação do adesivo
Água destilada ou deionizada	Para limpeza da pele antes da aplicação do adesivo e do material de limpeza/enxague (exemplo, as pinças) conforme necessário
Lâminas de barbear descartáveis	Para raspar a área antes da aplicação do adesivo
Gaze ou papel toalha	Limpos e livres de sódio; para secagem da superfície da pele após a limpeza
Luvas	Livres de sódio; para prevenção da contaminação da amostra no manuseio dos adesivos para a coleta de suor
Armazenagem/Transporte	
Tubos plásticos de armazenagem com tampa hermética	Para armazenagem do pad absorvente ou amostra de suor; exemplos incluem tubo de filtragem (exemplo, Starstedt Saiivette®) para armazenagem do pad com suor e posterior centrifugação ou tubos de ensaio para armazenagem da amostra de suor
Filme plástico para vedação	Para vedar as tampas dos tubos de armazenagem, se o pad/amostra de suor forem armazenados ou transportados para posterior análise (exemplo, Parafilm M® - filme de vedação laboratorial)
Geladeira ou bolsas de gelo	Aplicável caso o pad/amostra de suor forem armazenados ou transportados para posterior análise
Análise em campo	
Seringas plásticas	Limpas, embaladas, tamanho de ~5ml; para extração do suor do pad em campo
Tubos plásticos de armazenagem com tampa hermética	Para armazenagem temporária em campo, entre a extração do suor e a análise
Pipeta de transferência graduada e pontas de pipeta	Para transferir o suor para o aparelho de análise
Aparelho de análise portátil e materiais relacionados (exemplo, soluções de referência do Na⁺ ou para calibragem)	Para a análise de Na ⁺ (exemplo, Medidor Iônico Compacto de Sódio LAQUAtwin, Horiba, Ltd.)
Análise em Laboratório	
Centrífuga	Para extração do suor do pad
Aparelho de análise e materiais relacionados (exemplo, soluções de referência do Na⁺ ou para calibragem)	Para a análise de Na ⁺ (exemplo, cromatografia iônica ou espectrometria de massa por plasma acoplado indutivamente)

Veja o texto para a discussão e referências auxiliares.

Tabela 2. Equipamentos e materiais recomendados para a medição da concentração local de sódio no suor utilizando o método em campo do adesivo absorvente.

Análise do Suor

Muitas técnicas analíticas baseadas em análises em laboratórios têm sido utilizadas para medir a $[Na^+]$ do suor, incluindo cromatografia iônica (IC), espectrometria de massa, eletrodo de íon seletivo (EIS) e a fotometria de chama (FC). Técnicas modernas de referência de laboratório para a análise eletrolítica do suor são a IC e a espectrometria de massa por plasma acoplado indutivamente, ambas as quais necessitam apenas de uma pequena quantidade de volume de amostra e foram sugeridas ser altamente precisas, sensíveis e confiáveis (CV ~1-5%) (Doorn et al., 2015; Pullan et al., 2013). No entanto, se a duração da armazenagem da amostra e as condições durante o transporte para um laboratório não puderem ser bem controladas, a análise em campo do suor talvez seja a melhor prática. Inconveniências práticas (custo, atraso na obtenção dos resultados) do transporte/envio das amostras para um laboratório podem ser outra razão para os investigadores escolherem realizar a análise da $[Na^+]$ do suor em campo. Técnicas de campo comuns para a análise da $[Na^+]$ incluem EIS e a condutividade. Em comparação com a IC, as técnicas de EIS têm confiabilidade similar (CV ~1-4% para ambos os métodos) e resultam em valores da $[Na^+]$ do suor dentro de ~2-4mmol/L (ou 4~10%) (Baker et al., 2014; Goulet et al., 2012). Contudo, mais estudos comparando as diferentes técnicas analíticas são necessários para determinar as melhores práticas da análise da $[Na^+]$ do suor em laboratório e em campo. Nenhum estudo comparou diretamente todos os métodos; mas em estudos separados, a condutividade resultou em valores da $[Na^+]$ do suor ~6% mais altos do que a FC (Boisvert & Candas, 1994), os valores da FC foram ~20% mais altos do que a EIS (Dziedzic et al., 2014) e a IC (Baker et al., 2015), e os valores do EIS foram ~4% (Goulet et al., 2012) e ~10% (Baker et al., 2014) mais altos do que a IC.

Outras Considerações

É importante notar que a concentração local de sódio do suor normalmente não é uma medida direta válida para a $[Na^+]$ de corpo inteiro porque: 1) cobrir a superfície da pele com um adesivo cria ali um microambiente (por exemplo, maior umidade no local e pele úmida), 2) o suor coletado das coberturas oclusivas pode ser confundido, devido à interação com o estrato córneo da epiderme, e 3) a $[Na^+]$ do suor varia em diferentes regiões do corpo. A seguinte seção irá discutir estas 3 limitações e como o impacto ambíguo da $[Na^+]$ do suor pode ser atenuado.

Devido os adesivos absorventes serem constituídos por coberturas oclusivas, eles aumentam o acúmulo de umidade na pele. Isto leva ao bloqueio progressivo dos ductos de suor e supressão do mecanismo de suor (exemplo, hidromeiose) na área de coleta da amostra (Candas et al., 1983). No entanto, foi proposto que a hidromeiose pode ser minimizada pela utilização de adesivos feitos de um material com alta capacidade de absorção e/ou pela limitação do tempo do adesivo na pele (Havenith et al., 2008; Taylor & Machado-Moreira, 2013). Enquanto alguns investigadores sugerem um tempo máximo de aderência de 5 minutos (Morris et al., 2013), outros deixaram adesivos na pele do atleta por ~15-30 minutos ou até ~90 minutos em estudos de campo. Estes tempos maiores de aderência dos adesivos em estudos de campo provavelmente são causados pelo acesso limitado ao atleta durante treinos/jogos ou realizados desta forma por necessidade em se coletar volume suficiente de amostra (exemplo, em atletas com baixas taxas de suor). Não está claro atualmente como o tempo de aderência dos adesivos impacta na $[Na^+]$ local do suor, sendo assim, mais trabalhos nesta área são necessários para determinar

as melhores práticas na coleta de suor utilizando o método do adesivo absorvente.

A extração dos eletrólitos (da pele para a amostra local de suor) e/ou a absorção de água (do suor para a pele) pode levar a altas concentrações eletrolíticas equivocadas no suor das amostras coletadas nas coberturas oclusivas (Van Heyningen & Weiner, 1952; Weschler, 2008). Para atenuar esta possível questão, a $[K^+]$ do suor pode ser utilizada como um teste de controle de qualidade da amostra de suor. É esperado que a $[K^+]$ do suor permaneça relativamente estável apesar das alterações na taxa de suor. Portanto, se a $[K^+]$ do suor estiver fora da variação normal (~2-10mmol/L), pode-se suspeitar da ocorrência de possíveis problemas com a extração ou evaporação/contaminação da amostra (Dziedzic et al., 2014; Maughan & Shirreffs, 2008; Weschler, 2008).

É bem conhecido que a taxa de suor e a $[Na^+]$ do suor variam consideravelmente em diferentes regiões do corpo em um indivíduo (Taylor & Machado-Moreira, 2013). Variações na $[Na^+]$ de acordo com o local da coleta de suor podem ser explicadas em parte pelas diferentes taxas de suor nas diferentes partes do corpo. Não surpreendentemente, diferenças na taxa de suor entre os diversos lugares do corpo e da $[Na^+]$ do suor foram relatadas seguindo os mesmos padrões gerais (exemplo, testa > peito > escápula > antebraço > coxas) (Patterson et al., 2000). A maioria dos locais anatômicos geralmente utilizados nos testes de suor (exemplo, antebraço, escápula, peito e testa) superestimam a $[Na^+]$ do suor em relação ao corpo inteiro em ~25-100% (Baker et al., 2009; Patterson et al., 2000; Shirreffs & Maughan, 1997). Entretanto, a $[Na^+]$ local do suor foi relatada ser total e significativamente correlacionada com a $[Na^+]$ do suor do corpo inteiro. E ainda as equações de correção estão disponíveis para prever a $[Na^+]$ do suor do corpo inteiro a partir da $[Na^+]$ local do suor utilizando adesivos de absorção (Baker et al., 2009) e bolsas Parafilm® (Patterson et al., 2000).

Previsão das Perdas de $[Na^+]$ pelo suor do corpo inteiro

A equação de previsão da $[Na^+]$ do suor de corpo inteiro (CI) para o antebraço utilizando os adesivos de absorção é a seguinte (Baker et al., 2009):

Equação 3: $[Na^+]$ do suor do CI prevista (mmol/L) = 0,57 (Na+ do suor do antebraço) + 11,05

Estudos não relataram diferenças bilaterais significantes na $[Na^+]$ do suor do antebraço (Baker et al., 2015; Dziedzic et al., 2014); desta forma os resultados do antebraço direito e esquerdo podem ser utilizados indistintamente. Veja Baker et al. (2009) para equações de previsão da escápula, peitoral, testa, coxas e uma composição de todos os 5 locais.

A perda total de Na^+ pelo suor do corpo inteiro pode ser estimada a partir da perda total de suor e da $[Na^+]$ do suor de corpo inteiro, utilizando a seguinte equação:

Equação 4: Perda de Na^+ pelo suor do CI (mmol) = Perda de suor do CI x $[Na^+]$ do suor do CI

A perda total de Na^+ pelo suor do corpo inteiro pode ser convertida de mmol para mg utilizando a massa molar do Na^+ (22,99 mg/mmol) na seguinte equação:

Equação 5: Perda de Na^+ pelo suor do CI (mg) = Perda de Na^+ pelo suor do CI x 22,99 mg/mmol x 1 g/1000 mg

DESAFIOS DO TESTE DE SUOR E AS MELHORES PRÁTICAS

As tabelas 3 e 4 mostram uma lista contendo os desafios comuns e as melhores práticas correspondentes para se considerar quando se medir a taxa de suor de corpo inteiro e a $[Na^+]$ do suor, respectivamente, em atletas durante os exercícios. Apesar destas recomendações terem a intenção de serem utilizadas simplesmente como um guia, desvios significativos no protocolo podem necessitar da repetição do teste de suor, ou ao menos, da interpretação cautelosa dos resultados. É reconhecido que trabalhos adicionais são necessários em algumas áreas para corroborar ou refinar estas melhores práticas. Por exemplo, pesquisas futuras devem determinar o impacto do momento da aplicação/remoção dos adesivos, nível de saturação dos adesivos, condições de estocagem da amostra de suor e variações nas técnicas analíticas da $[Na^+]$ do suor.

APLICAÇÕES PRÁTICAS

- Taxas de suor do corpo inteiro podem ser estimadas em campo a partir das alterações da massa corporal em relação a antes e após os exercícios, desde que sejam realizadas as correções adequadas em relação aos fatores de alteração na massa corporal não relacionados ao suor (exemplo, ingestão de líquidos, quantidade de urina expelida etc.).

Desafios	Melhores práticas para a taxa de suor do corpo inteiro
Condições variadas	<ul style="list-style-type: none"> • Teste nas condições (intensidade, ambientais, estação do ano, equipamentos etc.) relevantes e específicas àquelas do treinamento/competições do atleta • Realize diversos testes com os atletas para determinar a taxa de suor em diversas condições relevantes
Vestimentas/Uniformes	<ul style="list-style-type: none"> • Pese os atletas nus ou utilizando o mínimo de vestimentas possível (exemplo, shorts de compressão, top esportivo) • Calcule e contabilize o suor preso nas vestimentas/uniformes, caso não utilize a massa corporal com o indivíduo nu
Alteração da massa corporal relacionada a fatores não provenientes do suor	<ul style="list-style-type: none"> • Ingestão de líquidos: pese e inclua a porção da ingestão na equação 1 • Ingestão de alimentos: pese e inclua a porção da ingestão na equação 1 • Perda respiratória de água e oxidação de substrato: especialmente se o exercício tiver mais que 2-3 horas de duração, alta intensidade, ou for realizado em condições climáticas secas, calcule utilizando as equações apropriadas (veja Mitchell et al., 1972) e subtraia do valor da WBSL (determinada na equação 1) • Urina expelida: colete e pese qualquer quantidade de urina expelida entre a medida da massa corporal pré e pós-exercício, inclua o resultado na equação 1 • Fezes: meça a massa corporal do atleta antes e após atividade intestinal para calcular a perda de fezes; inclua o resultado na equação 1
Controle de Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> • Meça a massa corporal duas vezes antes e após o exercício • Documente qualquer vestimenta, fita esportiva, e cintas utilizadas durante a medição da massa corporal antes e após o exercício para confirmar a consistência do teste • Monitore a ingestão de líquidos e intervalos para ir ao banheiro – invalide o teste caso a ingestão de líquidos e perda de urina não forem medidas • Monitore se o atleta cuspir ou derramar líquido da garrafa para ingestão de bebidas – invalide o teste caso isto não seja controlado/impedido

Veja texto para discussão e referências auxiliares. WBSL, perda de suor do corpo inteiro.

- A $[Na^+]$ local do suor pode ser estimada em campo utilizando a técnica do adesivo absorvente. Equações de desvios publicadas podem ser utilizadas para prever a $[Na^+]$ do suor do corpo inteiro a partir da $[Na^+]$ local do suor.
- Exemplo dos cálculos utilizando-se as equações de 1-5 listadas acima e os seguintes dados teóricos: massa corporal pré-exercício = 82,5 kg; massa corporal pós-exercício = 81,0 kg; ingestão de líquidos = 1,1 L; perda de urina = 0,3 L; $[Na^+]$ do suor do antebraço = 54 mmol/L; duração do exercício = 1 h e 45 min. WBSL - Perda de suor do corpo inteiro (L) = 82,5 kg – (81,0 kg – 1,1 kg + 0,3 kg) = 2,3 L (assumindo 1 kg = 1 L) WBSR - Taxa de suor do corpo inteiro (L/h) = 2,3 L/1,75 h = 1,3 L/h $[Na^+]$ do suor do corpo inteiro (mmol/L) = 0,57 (54 mmol/L) + 11,05 = 41,83 mmol/L
Perda de Na^+ pelo suor no corpo inteiro (mmol) = 2,3 L x 41,83 mmol/L = 96,21 mmol
Perda de Na^+ pelo suor no corpo inteiro (mg) = 96,21 mmol x 22,99 mg/mmol x 1 g/1000 mg = 2,2 g

Desafios	Melhores práticas para a $[Na^+]$ do suor
Condições variadas	<ul style="list-style-type: none"> • Teste em condições (intensidade, condições ambientais, estação do ano, equipamentos etc.) relevantes e específicas àquelas do atleta • Realize diversos testes com o atleta para determinar a $[Na^+]$ do suor em diferentes condições relevantes
Antecedentes de contaminação nos métodos	Cheque a $[Na^+]$ antecedente no sistema de coleta (exemplo, adesivos, tubos de armazenagem etc.) e subtraia do valor medido da $[Na^+]$ do suor
Contaminação da superfície da pele	<ul style="list-style-type: none"> • Limpe a pele imediatamente antes da aplicação: álcool, enxágue com água destilada/deionizada, e seque com gaze/papel toalha livre de sódio • Evite contaminação cruzada quando utilizar diversos adesivos por atleta ou trabalhar com muitos atletas (exemplo, utilize pinça limpa para cada adesivo)
Localização anatômica ideal?	Considere a acessibilidade do local e validade comparada com os resultados do corpo inteiro (exemplo, o antebraço provavelmente é mais adequado quando ambos os fatores são considerados)
Queda do adesivo durante o teste	<p>Para melhor aderência, raspe a área da pele onde o adesivo será aplicado; também antes da aplicação do adesivo remova qualquer creme, sujeira, ou óleo pela limpeza do local com álcool, enxágue com água deionizada/destilada, e seque com gaze/papel toalha livres de sódio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cheque os adesivos regularmente em relação a aderência na pele, invalide o teste caso o adesivo se solte • Aplique diversos adesivos (exemplo, antebraço direito e esquerdo ou utilize o método dos 5 locais, veja Baker et al., 2009) para ter pelo menos um adesivo como reserva • Cubra o adesivo do antebraço com um manguito feito de material respirável (exemplo, tecido elástico de cobertura tubular Surgilast®)
Momento ideal para aplicação do adesivo?	Se possível, aplique os adesivos ~20-30 minutos após o início do exercício (para obter resultados mais representativos do mecanismo de suor durante os exercícios em oposição ao suor inicial)
Hidromeiose	<ul style="list-style-type: none"> • Previna a saturação do adesivo limitando o tempo do adesivo na pele, trocando os adesivos frequentemente, e/ou utilizando adesivos com grande capacidade de absorção • Se a possibilidade de hidromeiose é alta (exemplo, suor excessivo, adesivo na pele por um longo período etc.) aplique os adesivos onde a menor taxa de suor é esperada (exemplo, coxas) para reduzir a probabilidade de saturação do adesivo

Tabela 3. Desafios e melhores práticas correspondentes para medição em campo da taxa de suor de corpo inteiro.

<p>Análise das amostras em campo ou enviadas novamente ao laboratório?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se houver armazenagem ou transporte das amostras ao laboratório para análise, refrigere (exemplo, 4°C) por um máximo de 3-5 dias em recipientes herméticos (exemplo, Parafilm® vedado) • Técnicas de referência de laboratório são a cromatografia iônica e a espectrometria de massa por plasma acoplado indutivamente • Se a análise for realizada em campo, utilize método de eletrodo ion seletivo com aparelho portátil (exemplo, veja Baker et al., 2014; Goulet et al., 2012) • A análise em campo é recomendada se a duração da armazenagem da amostra e condições durante o transporte não puderem ser controladas
<p>Extrapolção para o corpo inteiro</p>	<p>Considere a acessibilidade do local e validade em comparação com os resultados do corpo inteiro (exemplo, o antebraço provavelmente é mais adequado quando ambos os fatores são considerados)</p>
<p>Extrapolção para o corpo inteiro</p>	<p>Marque as amostras que tenham atingido qualquer um dos seguintes critérios: revise o método e os dados para possíveis problemas/desvios do protocolo e depois refaça o teste</p> <ul style="list-style-type: none"> • A [Na⁺] do suor < 10 mmol/L ou > 90 mmol/L • A [K⁺] do suor < 2 mmol/L ou > 10 mmol/L

Veja texto para discussão e referências auxiliares. [K⁺], concentração de potássio; [Na⁺], concentração de sódio.

Tabela 4. Desafios e melhores práticas correspondentes para medição em campo da concentração de sódio no suor utilizando a técnica do adesivo absorvente.

- Há uma variabilidade considerável na taxa de suor (~0,5 a 2,0L/h) e na [Na⁺] do suor (~10-90 mmol/L) em um mesmo atleta e entre os atletas.
- Grande parte desta variabilidade é esperada devido as diferenças na intensidade dos exercícios, condições ambientais, estado de aclimação ao calor, predisposição genética e muitos outros fatores. No entanto, alguma variabilidade (inesperada ou não desejada) nos resultados pode ser devido à metodologia inadequada ou inconsistente (exemplo, ~5-35% na taxa de suor e ~5-100% na [Na⁺] do suor).
- Mesmo quando as melhores práticas são seguidas, uma variabilidade natural nos resultados dos testes de suor no próprio atleta ainda é esperada. Por exemplo, o coeficiente de variação no dia a dia foi relatado ser ~5-7% para a taxa de suor do corpo inteiro e ~5-16% para a [Na⁺] local do suor.
- Desta forma, diferenças nos resultados entre os testes podem apenas ter uma significância prática (por exemplo, garantindo que sejam realizadas alterações nas estratégias de reposição de líquidos) quando uma mudança nas condições (exemplo, intensidade do exercício, condições ambientais, metodologia etc.) desencadearem alterações na taxa de suor > ~5% e na [Na⁺] do suor > ~15%.

REFERÊNCIAS

- Armstrong, L.E. (2007). Assessing hydration status: the elusive gold standard. *J. Am. Coll. Nutr.* 26:575S-584S.
- Armstrong, L.E., and C.M. Maresh (1998). Effects of training, environment, and host factors on the sweating response to exercise. *Int. J. Sports Med.* 19:S103-S105.
- Baker, L.B., K.A. Barnes, M.L. Anderson, D.H. Passe, and J.R. Stofan (2015). Normative data for regional sweat sodium concentration and whole-body sweating rate in athletes. *J. Sports Sci.* 12:1-11.
- Baker, L.B., J.R. Stofan, A.A. Hamilton, C.A. and Horswill (2009). Comparison of regional patch collection vs. whole body washdown for measuring sweat sodium and potassium loss during exercise. *J. Appl. Physiol.* 107:887-895.
- Baker, L.B., C.T. Ungaro, K.A. Barnes, R.P. Nuccio, A.J. Reimel, and J.R. Stofan (2014). Validity and reliability of a field technique for sweat Na⁺ and K⁺ analysis during exercise in a hot-humid environment. *Physiol. Rep.* 2(5):e12007.
- Boisvert, P., V. Candas (1994). Validity of the Wescor's sweat conductivity analyzer for the assessment of sweat electrolyte concentrations. *Eur. J. Appl. Physiol.* 69:176-178.
- Buono, M.J., K.D. Ball, and F.W. Kolkhorst (2007). Sodium ion concentration vs. sweat rate relationship in humans. *J. Appl. Physiol.* 103:990-994.
- Candas, V., J.P. Libert, and J.J. Vogt (1983). Sweating and sweat decline of resting men in hot humid environments. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 50:223-234.
- Cheuvront, S.N., E.M. Haymes, and M.N. Sawka (2002). Comparison of sweat loss estimates for women during prolonged high-intensity running. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34:1344-1350.
- Collie, J.T., R.J. Massie, O.A. Jones, V.A. LeGrys, and R.F. Greaves (2014). Sixty-five years since the New York heat wave: advances in sweat testing for cystic fibrosis. *Pediatr. Pulmonol.* 49:106-117.
- Doorn, J., T.T. Storteboom, A.M. Mulder, W.H. de Jong, B.L. Rottier, and I.P. Kema (2015). Ion chromatography for the precise analysis of chloride and sodium in sweat for the diagnosis of cystic fibrosis. *Ann. Clin. Biochem.* 52(Pt 4):421-427.
- Dziedzic, C.E., M.L. Ross, G.J. Slater, and L.M. Burke (2014). Variability of measurements of sweat sodium using the regional absorbent patch method. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 9:832-838.
- Eichner, E.R. (2008). Genetic and other determinants of sweat sodium. *Curr. Sports Med. Rep.* 7:S36-S40.
- Ely, M.R., R.W. Kenefick, S.N. Cheuvront, T.D. Chilvera, C.P. Lacher, H.C. Lukaski, and S.J. Montain (2011). Surface contamination artificially elevates initial sweat mineral concentrations. *J. Appl. Physiol.* 110:1534-1540.
- 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.
- Goulet, E.D., T. Dion, and E. Myette-Cote (2012). Validity and reliability of the Horiba C-122 compact sodium analyzer in sweat samples of athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.* 112:3479-3485.
- Havenith, G., A. Fogarty, R. Bartlett, C.J. Smith, and V. Venenat (2008). Male and female upper body sweat distribution during running measured with technical absorbents. *Eur. J. Appl. Physiol.* 104:245-255.
- Kirby, C.R., and V.A. Convertino (1986). Plasma aldosterone and sweat sodium concentrations after exercise and heat acclimation. *J. Appl. Physiol.* 61:967-970.
- Maughan, R.J., and S.M. Shirreffs (2008). Development of individual hydration strategies for athletes. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 18:457-472.
- Maughan, R.J., S.M. Shirreffs, and J.B. Leiper (2007). Errors in the estimation of hydration status from changes in body mass. *J. Sports Sci.* 25:797-804.
- Mitchell, J.W., E.R. Nadel, and J.A. Stolwijk (1972). Respiratory weight losses during exercise. *J. Appl. Physiol.* 32:474-476.
- Morris, N.B., M.N. Cramer, S.G. Hodder, G. Havenith, and O. Jay (2013). A comparison between the technical absorbent and ventilated capsule methods for measuring local sweat rate. *J. Appl. Physiol.* 114:816-823.
- Patterson, M.J., S.D. Galloway, and M.A. Nimmo (2000). Variations in regional sweat composition in normal human males. *Exp. Physiol.* 85:869-875.
- Pullan, N.J., V. Thurston, and S. Barber (2013). Evaluation of an inductively coupled plasma mass spectrometry method for the analysis of sweat chloride and sodium for use in the diagnosis of cystic fibrosis. *Ann. Clin. Biochem.* 50:267-270.
- Sato, K (1977). The physiology, pharmacology, and biochemistry of the eccrine sweat gland. *Rev. Physiol. Biochem. Pharmacol.* 79:51-131.
- 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.
- Sawka, M.N., L.R. Leon, S.J. Montain, and L.A. Sonna (2011). Integrated physiological mechanisms of exercise performance, adaptation, and maladaptation to heat stress. *Compr. Physiol.* 1:1883-1928.
- Shirreffs, S.M., and R.J. Maughan (1997). Whole body sweat collection in humans: an improved method with preliminary data on electrolyte content. *J. Appl. Physiol.* 82:336-341.
- Shirreffs, S.M., and M.N. Sawka (2011). Fluid and electrolyte needs for training, competition, and recovery. *J. Sports Sci.* 29:S39-S46.
- Taylor, N.A., and C.A. Machado-Moreira (2013). Regional variations in transepidermal water loss, eccrine sweat gland density, sweat secretion rates and electrolyte composition in resting and exercising humans. *Extrem. Physiol. Med.* 2:4.
- Van Heyningen, R., and J.S. Weiner (1952). A comparison of arm-bag sweat and body sweat. *J. Physiol.* 116:395-403.
- Weschler, L.B. (2008). Sweat electrolyte concentrations obtained from within occlusive coverings are falsely high because sweat itself leaches skin electrolytes. *J. Appl. Physiol.* 105:1376-1377.