

SUPLEMENTAÇÃO DE CARBOIDRATOS, LÍQUIDOS E ELETRÓLITOS EM ATLETAS DE ENDURANCE E ULTRA-ENDURANCE: COMPARAÇÃO DAS PRINCIPAIS DIRETRIZES

Clarissa Cassimiro Cedrola Lima¹, Isabela Souza de Paula¹, Pedro Lima Souza¹
Jeferson Macedo Vianna¹, Mateus Camaroti Laterza¹, Daniel Godoy Martinez¹

RESUMO

Introdução: A palavra endurance tem origem inglesa e significa capacidade de suportar o sofrimento por longo período sem desistir. No meio esportivo, refere-se às modalidades de baixa e média intensidade com duração entre 1 e 2,5 horas e ultra-endurance quando a duração é superior a 2,5 horas, destacando-se esportes como corrida, natação, ciclismo, triathlon e escalada. **Objetivo:** comparar as principais diretrizes de órgãos oficiais acerca da suplementação de carboidratos, líquidos e eletrólitos para saúde e performance, visando verificar se as recomendações são convergentes. **Materiais e métodos:** foi realizada busca das principais diretrizes em nutrição esportiva utilizando as bases de dados Pubmed e Lilacs. **Resultados:** foram selecionadas oito diretrizes. **Conclusão:** Sendo assim, concluímos que as recomendações de ingestão e suplementação de carboidratos são convergentes entre os órgãos oficiais. Para a ingestão hídrica, foi unânime a orientação de individualizá-la de acordo com as perdas do atleta. Por outro lado, as diretrizes acerca da reposição de sódio possuem divergências e, portanto, idealmente deve-se avaliar as concentrações individuais de sódio no suor para que seja possível planejar uma suplementação segura e assertiva. As diretrizes apresentam-se como um ótimo guia para prescrição dietética, desde que sejam consideradas as individualidades do atleta e da modalidade, respeitando-se a periodização e nível de treinamento, preferências alimentares, tolerância gastrointestinal, estado de aclimação, entre outros fatores.

Palavras-chave: Carboidratos. Hidratação. Eletrólitos. Esporte de longa duração.

E-mail dos autores:

clarissacedrola@gmail.com
isabelasouzadepaula@gmail.com
pedrolimakta@hotmail.com
jeferson.vianna@ufjf.edu.br
mateuslaterza@hotmail.com
danielgmartinez@yahoo.com.br

ABSTRACT

Carbohydrate, fluid and electrolyte supplementation in endurance and ultra-endurance athletes: comparison of key guidelines

Introduction: The word endurance has an English origin and means the ability to withstand suffering for a long period of time without giving up. In sports, the term endurance refers to low and medium intensity modalities that lasts from 1 to 2.5 hours, and ultra-endurance when it lasts above 2.5 hours, for instance sports like running, swimming, cycling, triathlon, climbing, among others. **Objective:** this study aims to review the main guidelines of official bodies on the subject, in order to verify whether the recommendations are convergent. **Materials and methods:** a review of specialized literature was carried out, using the Pubmed and Lilacs databases. **Results:** eight guidelines were selected. **Conclusion:** Therefore, we conclude that the recommendations for carbohydrate intake and supplementation are convergent among the official bodies. For water intake, it was unanimous the orientation to individualize according to the losses of each athlete. On the other hand, the guidelines on sodium replacement have many divergences and, therefore, the ideal is to assess the sodium concentrations in the sweat of each athlete so that it is possible to plan a safer and more assertive supplementation. The guidelines are great for dietary prescription, as long as the individualities of each sport and athlete are considered, respecting the periodization and level of training, food preferences, gastrointestinal tolerance, acclimatization status, among other factors.

Key words: Carbohydrates. Hydration. Electrolytes. Endurance sport.

1 - Universidade Federal de Juiz de Fora-MG, Brasil.

INTRODUÇÃO

No meio esportivo, o termo endurance refere-se às modalidades de baixa e média intensidade com duração entre 1 hora e 2,5 horas. Ainda existe a classificação de ultra-endurance, que abrange provas com duração superior a 2,5 horas.

O número de eventos esportivos de endurance e ultra-endurance vem crescendo a cada ano, bem como de praticantes de modalidades como corrida de rua, natação em águas abertas, ciclismo de estrada, escalada e triathlon (Kashapov, Kashapov, 2019).

Os carboidratos exercem papel fundamental na produção de energia durante a prática de exercícios físicos.

Além de ser o único macronutriente capaz de gerar Adenosina Trifosfato (ATP) sem o uso de oxigênio, é requerido de maneira ininterrupta para o correto funcionamento do sistema nervoso central e é importante para a preservação das proteínas e para a prevenção de cetose.

Apesar de os ácidos graxos se apresentarem como reserva muito superior em termos de quantidade de energia, sua conversão em ATP ocorre de maneira mais lenta. Isso porque há velocidade limite para utilização dos ácidos graxos pelo músculo ativo, representando apenas cerca de metade da conseguida pela glicólise aeróbica (Turcotte e colaboradores, 1994).

O glicogênio é a forma de armazenamento de carboidrato dos mamíferos e constitui-se como grande polímero ramificado de glicose, a partir do processo denominado glicogênese. Estima-se que um homem bem nutrido de 80kg armazene cerca de 500g de carboidratos, sendo cerca 80% em forma de glicogênio muscular e 20% em glicogênio hepático (Felig, Wahren, 1975).

A composição da dieta, em termos de macronutrientes, tem influência importante na quantidade de glicogênio armazenado, de modo que é possível até duplicá-la com alto consumo de carboidratos por dias seguidos (Bergström e colaboradores, 1967).

O glicogênio muscular representa importante fonte de energia durante exercícios prolongados de intensidade moderada a alta, e seu baixo estoque pode associar-se à fadiga durante exercícios físicos exaustivos, podendo também ter relação com a redução da liberação de cálcio (Ca^{2+}) do retículo sarcoplasmático (Nielsen, Lambert, Jeppesen, 2020).

A depleção de glicogênio pode deprimir a intensidade do exercício aeróbio, mesmo que ainda haja substrato proveniente de ácidos graxos, já que as gorduras necessitam de intermediários gerados pela degradação dos carboidratos para serem catabolizadas continuamente. Além disso, ressalta-se a possibilidade de hipoglicemia levar à fadiga central (Noakes, 2022).

Dessa forma, estratégias nutricionais de consumo de carboidratos são de suma importância para o aumento nos estoques de glicogênio, preservação da massa muscular, otimização da recuperação pós esforço, bem como a reposição dos níveis plasmáticos de glicose durante a prática de exercícios físicos intensos e/ou prolongados (Nielsen, Lambert, Jeppesen, 2020).

Durante o exercício físico, parte da energia da transformação de energia química (renovação de ATP) em energia mecânica (contração muscular) é perdida na forma de calor (Mccubbin e colaboradores, 2020), elevando a temperatura central.

Apesar disso, os seres humanos são capazes de tolerar um aumento de apenas 5°C da temperatura corporal, o que resulta na necessidade de dissipar o calor excessivo pela radiação, condução, convecção e/ou evaporação.

Essa última representa o principal mecanismo durante a prática esportiva, podendo gerar perda de até 18 kcal/min.

Para que a evaporação ocorra de maneira efetiva, por regulação hipotalâmica, são realizados ajustes circulatórios, com dilatação dos vasos periféricos, de modo que o sangue aquecido flua para a periferia mais fria (Bassett e colaboradores, 1987).

Informações aferentes de termorreceptores localizados na região central e na pele permitem que o hipotálamo monitore o estado térmico do corpo de maneira constante (Mccubbin e colaboradores, 2020).

O corpo humano possui cerca de 2 a 4 milhões de glândulas sudoríparas, controladas por fibras nervosas simpáticas colinérgicas, as quais secretam solução salina hipotônica (0,2 a 0,4% de NaCl).

Com isso, a perda de líquido por transpiração pode alcançar uma taxa de 2 litros/hora no exercício em ambientes quentes e até 3 litros/hora em atleta aclimatado ao calor (Carvalho, Mara, 2010).

A redistribuição do fluxo sanguíneo e a sudorese geradas para a termorregulação

resultam em mudanças importantes no balanço hidroeletrólítico.

O déficit hídrico pode levar à redução da água corporal total, do fluxo sanguíneo cutâneo e da capacidade de dissipar o calor, levando ao aumento da temperatura central, maior estresse cardiovascular - com aumento da frequência cardíaca e diminuição do débito cardíaco - e aumento do risco de síndrome gastrointestinal induzida pelo exercício (Montain, Coyle, 1992; Mccubbin e colaboradores, 2020).

Devido à presença de solutos no suor, sobretudo Na⁺ e Cl⁻, a reposição hídrica também merece atenção. O sódio desempenha papel importante na retenção dos fluidos no organismo, com aumento da água corporal total, do volume plasmático, da osmolaridade plasmática e da concentração de Na⁺ no plasma.

O aumento osmótico gerado pelo consumo de Na⁺ durante o exercício físico leva a maior sensação de sede e consequente aumento da ingestão de líquidos, além de reduzir a diurese e a movimentação de líquidos do espaço intracelular para o extracelular (Mccubbin e colaboradores, 2020).

Diante do aumento no número de praticantes dos esportes de endurance e ultra-endurance e da relevância e aplicabilidade da suplementação de carboidratos, líquidos e eletrólitos para saúde e performance nesse esporte.

O presente estudo objetivou comparar as diretrizes de órgãos oficiais acerca do tema, visando verificar se as recomendações para a população adulta e saudável são convergentes entre as diferentes diretrizes, oferecendo segurança aos prescritores.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para encontrar as principais diretrizes de nutrição esportiva utilizamos as bases de dados Pubmed e Lilacs. A busca nas fontes

supracitadas foi realizada utilizando-se a seguinte estratégia de busca: “sports nutrition position stand” AND “sports nutrition position statement” AND “sports nutrition consensus statement” AND “sports fluid replacement position statement”.

Não foi previamente estabelecido um período de busca específico para as publicações.

Poderiam ser incluídas publicações nas línguas inglesa e portuguesa.

As publicações foram pré-selecionadas pelos títulos, os quais deveriam conter os termos completos e/ou referências a eles.

Foram excluídos artigos repetidos, aqueles que não representassem posicionamentos de órgãos oficiais, trabalhos que não tivessem como alvo a população adulta e saudável e/ou que não respondessem à questão da pesquisa.

RESULTADOS

A pesquisa resultou em publicações na língua inglesa, correspondentes ao período de 2000 a 2020, com o total de 15 artigos/diretrizes.

Desses, foram excluídas as diretrizes antigas, as quais já haviam sofrido atualizações, restando 8 publicações, entre os anos de 2010 e 2020.

As 8 diretrizes encontradas são dos seguintes órgãos oficiais: American College of Sports Medicine (ACSM), International Association of Athletics Federations (IAAF), International Society of Sports Nutrition (ISSN), Fédération Internationale de Natation (FINA), International Olympic Committee (IOC), National Athletic Trainers' Association (NATA) e Sports Dietitians Australia (SDA).

As diretrizes selecionadas tiveram os principais dados sumarizados nas Tabelas 1 e 2, como forma de facilitar a comparação das recomendações dos diferentes órgãos oficiais.

RBNE

Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

Tabela 1 - Sumário de Diretrizes sobre a Ingestão de Carboidratos em Atletas de *Endurance* e *Ultra-endurance*

		ACSM 2016	IAAF 2019	ISSN 2018
Necessidades diárias e recuperação		1 a 3h/dia de exercícios moderados a intensos: 6-10g/kg/dia; 4 a 5h/dia de exercícios moderados a intensos: 8-12g/kg/dia.	-	2 a 3h/dia de exercícios intensos de 5 a 6x/semana: 5 a 8g/kg/dia; 3 a 6h/dia de treinamentos intensos (1 a 2x/dia): 8-10g/kg/dia.
Estratégias agudas	Normalização de glicogênio	-	Meia maratona e 20km de marcha atlética: 7-12 g/kg por 24h.	-
	Carbo loading	Eventos >90min: 36 a 48h antes do evento, aumentar a ingestão para 10-12g/kg por 24h.	Maratona, 50km de marcha atlética e ultramaratona: aumentar a ingestão para 10-12g/kg por 36 a 48h antes do evento.	-
	Otimização de recuperação	Para intervalos entre sessões <8h: 1-1,2g/kg nas primeiras 4h após o 1º evento; após, retornar às necessidades diárias.	-	1,2g/kg/h de CHO de alto índice glicêmico (>70) OU 0,8g/kg/h de CHO + 3-8mg/kg de cafeína + 0,2-0,4g/kg/h de proteína, nas primeiras 4 horas pós sessão de treinamento.
	Carga pré-evento	Eventos >60min: 1-4g/kg a serem consumidos de 1 a 4h antes do evento.	Meia maratona, 20km de marcha atlética, maratona, 50km de marcha atlética e ultramaratona: 1-4g/kg a serem consumidos de 1 a 4h antes do evento + CHO após aquecimento; reduzir gorduras, fibras e proteínas.	-
	Durante exercício	Eventos entre 1 a 2,5h: 30-60g/h; duração >2,5 a 3h: >90g/h.	Eventos entre 1 a 2,5h: 30-60g/h; duração >2,5h: >90g/h; meia maratona e 20km de marcha atlética: 30-60g/h via bochecho, bebidas e géis; maratona: testar ingestão de até 90g/h por bebidas, géis e doces; 50km de marcha atlética: 60-90g/h via bebidas, géis e doces; ultramaratona: 30-90g/h de acordo com a necessidade (uso de CHO diminuiu com o decorrer das corridas longas) - avaliar tolerância.	Alta intensidade (>70% do VO2máx) >90min: 30-60g/h em solução de eletrólitos e CHO (6-8%) a cada 10-15min; usar estratégia de múltiplos transportadores.

Continuação da tabela 1

		ISSN ultra-marathon 2019	FINA 2014	IOC 2010	NATA 2017	SDA 2020
Necessidades diárias e recuperação		Geral: 60% do VET; 2-3h/dia de treinamento intenso de 5-6x/semana: 5-8g/kg/dia, maior volume ou pace: 7-10g/kg/dia.	-	-	-	-
Estratégias agudas	Normalização de glicogênio	-	-	-	-	-
	Carbo loading	10g/kg/dia nas 48h que antecedem o evento.	-	-	-	-
	Otimização de recuperação	-	-	-	-	-
	Abastecimento pré-evento	90 min antes do evento: desaconselhado, especialmente com alto IG, por estimular secreção de insulina, inibindo a beta-oxidação e aumentando o risco de hipoglicemia em indivíduos susceptíveis; fazer refeição usual com CHO de baixo IG, reduzir gorduras e fibras.	Começar o exercício com estoques adequados de glicogênio muscular.	-	-	-
	Durante exercício	Apesar das recomendações de 90g/h de CHO, ultramaratonistas se beneficiam mais da ingestão de uma maior quantidade de gordura, por apresentarem maior densidade calórica, mais sódio associado e menor risco de desconforto gastrointestinal com o passar das horas.	Até 90g/h, iniciando de maneira precoce.	Eventos >3h: 90g/h; treinar estratégia de abastecimento antes.	-	-

CHO = carboidrato; VO2máx = consumo máximo de oxigênio; VET = valor energético total; IG = índice glicêmico; ACSM = American College of Sports Medicine; IAAF = International Association of Athletics Federations; ISSN = International Society of Sports Nutrition; FINA = Fédération Internationale de Natation; IOC = International Olympic Committee; NATA = National Athletic Trainers' Association; SDA = Sports Dietitians Australia.

RBNE

Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

Tabela 2 - Sumário de Diretrizes sobre Reposição Hidroeletrólítica em Atletas de *Endurance* e *Ultra-endurance*.

		ACSM 2016	ISSN 2018	ISSN ultra-marathon 2019	FINA 2014
Fluidos	Pré-exercício	2 a 4h antes: 5-10mL/kg de massa corporal.	-	Iniciar exercício físico em estado de boa hidratação.	Iniciar exercício físico em estado de ótima hidratação; ingerir 500mL de água/bebida esportiva na noite anterior + 500mL ao acordar + 400-600mL de água/bebida fria de 20-30 min antes do exercício.
	Durante	Idealmente, a ingestão deve ser igual à perda, variando entre 0,3 a 2,4L/h.	Manter o déficit de fluidos <2-3% do massa corporal; avaliar custo-benefício do tempo de hidratação; corredores rápidos podem ter dificuldade de ingerir grandes volumes.	Ingerir líquidos (preferência resfriados), de modo a manter o déficit de fluidos <2% do massa corporal.	Ingestão de 0,5 a 2L/h de líquidos, fracionando a cada 5-15min.
	Depois	125% a 150% da perda de massa corporal.	-	Repor o que foi perdido durante o exercício.	Repor o que foi perdido durante o exercício.
Sódio		Para atletas com taxa de suor >1,2L/h, "suor salgado" ou exercícios com duração >2h: 1g/L de líquidos.	-	Incluir quando há grandes perdas por suor, especialmente se duração >2h.	Preferir solução de eletrólitos e glicose ao consumo apenas de água.

Continuação da tabela 2

		IAAF 2019	IOC 2010	NATA 2017	SDA 2020
Fluidos	Pré-exercício	Iniciar exercício físico em estado de boa hidratação.		Iniciar exercício físico em estado de boa hidratação.	-
	Durante	-		Manter o déficit de fluidos <2% da massa corporal; estratégia individual de acordo com a taxa de suor do atleta; quando não for possível, beber conforme a sede para evitar hiper-hidratação.	Individualizar quantidade, frequência e tipo de bebidas, considerando condições ambientais, intensidade do exercício físico e estado de aclimação ao calor, avaliação do equilíbrio de fluidos e eletrólitos durante as sessões de treinamento que mimetizam o evento alvo (perdas de suor, as práticas atuais de ingestão de líquidos, a percepção da sede e do esforço, o conforto térmico e o gerenciamento, a tolerância gastrointestinal e as métricas de desempenho); cuidar para não haver hiper-hidratação em caso de temperatura mais baixa que a esperada; treinar as estratégias para melhor tolerância gastrointestinal.
	Depois	-	150% da perda de massa corporal de bebida de baixo sódio (ou 200%, se associado a maiores concentrações de sódio - 1403mg/L).	Ingerir até 150% da perda de massa corporal nas primeiras 4h pós-exercício.	-
Sódio		-	Ingerir 500-700mg de Na ⁺ /L de fluido; se >25°C e/ou umidade >60%: 300-600mg de Na ⁺ /h; evitar [Na ⁺] > 1000mg/L em fluidos para não prejudicar a palatabilidade.	Ideal avaliar as concentrações de sódio no suor para considerar a suplementação.	1-2h antes do evento: carregamento agudo de Na ⁺ (20-40 mg/kg de massa corporal, com 10 ml/kg de fluido pode aumentar volume plasmático e favorecer a termorregulação.

ACSM = American College of Sports Medicine; IAAF = International Association of Athletics Federations; ISSN = International Society of Sports Nutrition; FINA = Fédération Internationale de Natation; IOC = International Olympic Committee; NATA = National Athletic Trainers' Association; SDA = Sports Dietitians Australia.

DISCUSSÃO

Carboidratos

Importância dos carboidratos nos esportes de endurance

O organismo humano é capaz de utilizar grande gama de substratos energéticos, os quais terão sua contribuição relativa na geração de energia em função de diversos fatores, como intensidade, duração, frequência, tipo de exercício físico, sexo e nível de treinamento do indivíduo, bem como ingestão prévia de nutrientes e disponibilidade de substrato energético.

O treinamento físico é capaz de gerar adaptações para responder à carga do exercício físico e ao alto requerimento energético, resultando em maior flexibilidade metabólica, com aumento das moléculas carreadoras de nutrientes, das enzimas que ativam ou regulam vias metabólicas, da capacidade de tolerar subprodutos do metabolismo e uma maior capacidade de estoque de glicogênio muscular (Thomas e colaboradores, 2016).

Os carboidratos destacam-se na nutrição esportiva, devido a sua grande versatilidade para o trabalho muscular, já que, por permitir utilizar tanto a via anaeróbia quanto a aeróbia (oxidativa), suporta grande gama de intensidades de exercícios físicos.

Ainda que o trabalho esteja sendo realizado nas mais altas intensidades suportadas pela fosforilação oxidativa, o carboidrato oferece vantagens sobre a gordura como substrato, uma vez que proporciona um maior rendimento de adenosina trifosfato (ATP) por volume de oxigênio, melhorando assim a eficiência bruta do exercício (Thomas e colaboradores, 2016).

Além disso, comparando-se os carboidratos, o uso dos ácidos graxos pelo músculo ativo possui velocidade limite reduzida e necessita de intermediários gerados pela degradação dos carboidratos (Turcotte e colaboradores, 1994).

Quando se trata de esportes de endurance e ultra-endurance, a importância do consumo adequado dos carboidratos torna-se ainda mais evidente, uma vez que se caracterizam pela longa duração do exercício físico, bem como pelo recorrente curto tempo de recuperação entre as sessões de treinamento, fatores que podem culminar na

depleção dos estoques de glicogênio hepático e muscular.

Caso não haja reposição de carboidratos, a contribuição da oxidação dos ácidos graxos pode ficar comprometida durante o exercício físico, devido à carência de intermediários como o oxaloacetato e, assim, pode levar o atleta a uma redução importante da intensidade do exercício físico e, posteriormente, à fadiga.

Essa pode ser justificada pela reduzida disponibilidade de glicose sanguínea para o pleno funcionamento do sistema nervoso central, pelo papel do glicogênio como primer na degradação da gordura e pela taxa mais lenta de oxidação dos ácidos graxos (Turcotte e colaboradores, 1994).

Visando atender às demandas diárias e de recuperação desse macronutriente, o American College of Sports Medicine recomenda a ingestão de 6 a 10g/kg de massa corporal/dia de carboidratos, para prática de 1 a 3 horas de exercícios físicos moderados a intensos, e de 8 a 12g/kg de massa corporal/dia para 4 a 5 horas diárias de exercícios.

Enquanto isso, a International Society of Sports Nutrition recomenda de 5 a 8g/kg de massa corporal/dia para 2 a 3 horas de exercício físico intenso e 8 a 10g/kg de massa corporal/dia para 3 a 6 horas de exercício físico.

Como os estoques de glicogênio muscular mostram-se muito responsivos às interferências dietéticas, várias estratégias agudas são pontuadas pelos diversos órgãos oficiais.

Como caminho para normalização do glicogênio, recomenda-se a ingestão de 7 a 12g de carboidratos/kg de massa corporal pelas 24 horas que antecedem competições de meia maratona e 20km de marcha atlética (Burke e colaboradores, 2019).

É orientado, ainda, que se manipule os estoques de glicogênio muscular pré-competição, através da estratégia conhecida como carbo loading, na qual aumenta-se a ingestão de carboidratos para 10 a 12g/kg de massa corporal/dia nas 36 a 48 horas anteriores ao evento esportivo (Thomas e colaboradores, 2016; Burke e colaboradores, 2019; Kerkick e colaboradores, 2018).

Na refeição pré-prova, que deve ser realizada de 1 a 4 horas antes, a recomendação é ingerir de 1 a 4g de carboidratos/kg de massa corporal, aliada à redução de gorduras, fibras e proteínas para diminuição do risco de desconfortos

gastrointestinais (Thomas e colaboradores, 2016; Burke e colaboradores, 2019).

Em seu posicionamento para atletas de ultra-maratonas, o ISSN desaconselha a ingestão de alimentos de alto índice glicêmico (>70) nos 90 minutos que antecedem o evento. Isso porque possuem alto impacto na secreção de insulina, inibindo a beta-oxidação e aumentando o risco de episódios de hipoglicemia em indivíduos susceptíveis.

Atletas de endurance e ultra-endurance muito frequentemente se submetem a mais de uma sessão de treinamento por dia, resultando em um tempo reduzido de recuperação.

Como meio de otimizá-la e restabelecer os estoques de glicogênio, quando há menos de 8 horas entre as sessões, é recomendável ingerir de 1 a 1,2g de carboidratos/kg de massa corporal nas primeiras 4 horas após a primeira sessão de treino (Thomas e colaboradores, 2016).

Segundo o ISSN, essa estratégia também pode ser feita através da associação entre o consumo de 0,8g de carboidrato de alto índice glicêmico/kg de massa corporal com 3 a 8 mg/kg de massa corporal de cafeína e 0,2 a 0,4g de proteína/kg de massa corporal.

As recomendações são bastante convergentes no que tange à ingestão durante a prática esportiva. Os órgãos recomendam a ingestão de 30 a 60g de carboidratos por hora, para eventos com duração entre 1 e 2,5 horas, e até 90g/h, para aqueles com mais de 2,5 horas, utilizando-se estratégia de múltiplos transportadores (Thomas e colaboradores, 2016; FINA, 2014; Burke e colaboradores, 2019; IOC, 2010; Kerksick e colaboradores, 2018).

Para os ultramaratonistas, o ISSN (2019) faz uma ressalva de que, apesar da recomendação ser de até 90g/h de carboidratos, esses atletas podem se beneficiar mais com a ingestão de uma maior quantidade de gordura em detrimento de carboidratos, já que alimentos gordurosos têm maior densidade calórica e, portanto, são mais fáceis de serem carregados e por frequentemente serem associados a uma maior concentração de sódio.

Além disso, o consumo de grandes quantidades de carboidratos por horas seguidas favorece a ocorrência de sintomas gastrointestinais nos atletas, devido ao aumento da osmolaridade no intestino.

Estratégia de múltiplos transportadores

Os carboidratos glicose e galactose, para serem absorvidos, necessitam de um transportador sódio-dependente, o SGLT1, localizado na borda em escova no intestino.

Uma das hipóteses existentes defende que um dos fatores limitantes da oxidação de carboidratos exógenos ocorra, justamente, pela saturação desses transportadores.

Enquanto isso, a absorção da frutose se dá através de proteínas transportadoras sódio-independentes GLUT5.

Por utilizarem diferentes transportadores, a combinação de glicose e frutose aumenta a absorção intestinal, a entrega total de carboidratos na circulação e sua consequente oxidação pelos músculos.

Tal aumento, entretanto, só é visto para ingestão de carboidratos acima de 60g/h, passando a taxa de oxidação de 1g/min para até 1,75g/min.

Por melhorar a absorção e utilização dos carboidratos, essa estratégia, além de disponibilizar mais energia, reduz o risco de desconforto gastrointestinal ocasionado pela alta ingestão desse macronutriente, mostrando-se uma boa alternativa para os atletas de endurance e ultra-endurance (Jeukendrup, 2010).

Train-low, compete-high

As diretrizes nutricionais para atletas de endurance e ultra-endurance determinam que a ingestão diária de carboidratos deve perfazer cerca de 60% do valor calórico total da dieta, variando entre 5 e 12g de carboidratos por kg de massa corporal, de acordo com o volume e intensidade do treinamento físico (Thomas e colaboradores, 2016; Kerksick e colaboradores, 2018; Tiller e colaboradores, 2019).

Isso para que seja possível restabelecer os estoques de glicogênio hepático e muscular, satisfazer as demandas metabólicas e do sistema nervoso central, além de garantir a disponibilidade de carboidratos para as sessões em dias sucessivos (Tiller e colaboradores, 2019).

Entretanto, é possível lançar mão da estratégia conhecida como train-low, compete-high, que consiste na manipulação do glicogênio por via alimentar, através da redução do conteúdo total de carboidratos da dieta ou em momentos específicos.

A diminuição proposital crônica do glicogênio funciona como um regulador da sinalização celular metabólica, aumentando a ativação de AMPK e a biogênese mitocondrial, o que, após a ressíntese de glicogênio, otimiza o uso de substrato energético e gera adaptações de resistência muscular, aumentando o trabalho total e o tempo até a exaustão durante o exercício físico (Tiller e colaboradores, 2019).

O ISSN salienta, em contrapartida, que a implementação segura dessa estratégia requer conhecimento específico de nutrição e de periodização do treinamento físico pela equipe de profissionais e um grau de experiência e autoconhecimento por parte do atleta.

Se realizada de maneira incorreta, train-low, compete-high pode levar a baixa disponibilidade de energia e, em última análise, deficiência relativa de energia (RED-S), com impactos significativos na saúde e performance.

Fluidos e Eletrólitos

Importância da manutenção da euhidratação

Todos os sistemas do organismo humano são influenciados pela hipohidratação, em maior ou menor grau. Isso, devido ao fato de a água ser o componente mais abundante do corpo humano, responsável por cerca de 73% da massa corporal de indivíduos adultos.

Essa água é distribuída como fluido intracelular, intersticial e intravascular, sendo o movimento entre esses compartimentos controlado através de pressão hidrostática, osmótica e oncótica.

Por ser o suor hipotônico em relação à água corporal, a elevada tonicidade extracelular resulta na migração da água do espaço intracelular para o extracelular (intersticial e intravascular).

Como consequência, todos os compartimentos de água podem desidratar com a sudorese, contribuindo para um déficit total de água corporal e hipohidratação (Mcdermott e colaboradores, 2017).

O déficit hídrico leva a alterações no sistema cardiovascular, com diminuição do volume plasmático e do volume sistólico, aumento de frequência cardíaca e resistência vascular sistêmica e redução do débito cardíaco (Mcdermott e colaboradores, 2017).

Essas alterações prejudicam o fluxo sanguíneo cutâneo e, conseqüentemente, a capacidade de dissipar o calor, que já fica deficitária a partir da perda de 2% da massa corporal.

Desidratação grave, perda acima de 5% da massa corporal, leva ao aumento da temperatura central, ameaça as funções dos órgãos vitais e a capacidade de manter o exercício físico (Sawka, Coyle, 1999; Mcdermott e colaboradores, 2017; Mccubbin e colaboradores, 2020).

Fatores individuais e ambientais

Em atletas é muito aconselhável que seja mantido um déficit de hidratação inferior a 2% da massa corporal, de modo a manter o correto funcionamento dos sistemas fisiológicos, a percepção de esforço fidedigna e uma boa capacidade de recuperação de sessões de exercício físico sucessivas.

Entretanto, não existe uma regra geral para que a reposição hidroeletrólítica seja feita de maneira adequada, uma vez que as perdas variam em função de aspectos individuais, intensidade do exercício físico, estado de aclimatação, vestimentas e equipamentos e condições ambientais (Mcdermott e colaboradores, 2017).

Existem diversas técnicas para mensurar o status de hidratação do indivíduo, em ambientes de laboratório e de campo, mas, por questões de praticidade e aplicabilidade, a mais utilizada é a medição de rotina da massa corporal antes e após o exercício físico.

A diferença entre a massa corporal antes e após a sessão de exercício físico, aliada a informações de perda urinária e fecal e ingestão de líquidos e suplementos, pode ajudar o atleta a estimar as perdas de suor para personalização da estratégia de reposição de fluidos.

As perdas de eletrólitos, por sua vez, podem ser estimadas através de técnicas de análise de amostragem de suor, as quais são colhidas de uma área específica e passam por correções, refletindo as respostas do corpo todo (Mccubbin e colaboradores, 2020).

Hidratação nos esportes de endurance e ultra-endurance

Visando o bom estado de hidratação, os órgãos oficiais recomendam que o exercício físico já seja iniciado com o atleta em estado

euhidratado (Thomas e colaboradores, 2016; FINA, 2014; IOC, 2010; Kerkick e colaboradores, 2018; Mcdermott e colaboradores, 2017).

Para que isso seja possível, a ACSM (2016) sugere a ingestão de 5 a 10mL/kg de massa corporal de líquidos entre 2 e 4 horas antes do evento. O ISSN, por sua vez, orienta beber 500mL de água ou bebida esportiva na noite anterior, 500mL ao acordar e mais 400 a 600mL de 20 a 30 minutos antes do exercício físico.

Durante a prática esportiva, as orientações são de que a ingestão seja realizada de maneira individualizada, com o objetivo de repor as perdas ocorridas durante o exercício físico, de modo a manter o déficit de fluidos abaixo de 2% da massa corporal total.

Os líquidos devem ser ingeridos preferencialmente resfriados, para melhor conforto térmico, e de maneira fracionada. Após a sessão de exercício físico, recomenda-se que haja a ingestão de líquidos de até 150% da perda de massa corporal, como forma de repor os fluidos perdidos (Thomas e colaboradores, 2016; Burke e colaboradores, 2019; IOC, 2010; Kerkick e colaboradores, 2018; Tiller e colaboradores, 2019; Mcdermott e colaboradores, 2017; Mccubbin e colaboradores, 2020).

No que tange a ingestão de sódio, as recomendações não são unânimes. A Sports Dietitians Australia propõe um carregamento agudo de Na⁺ (20 a 40mg/kg de massa corporal), a ser realizado de 1 a 2 horas antes do evento esportivo, para aumentar o volume plasmático e favorecer a termorregulação. ACSM (2016) e International Olympic Committee - IOC (2010), por sua vez, orientam que haja reposição de sódio (1g/L de líquidos) apenas para atletas com altas taxas de suor (>1,2L/h) e/ou quando a duração exceder 2 horas.

A Diretriz do ISSN (2019) ainda é um pouco mais específico ao recomendar que, para temperaturas ambientais acima de 25°C e/ou umidade maior de 60%, deve-se suplementar de 300 a 600mg de Na⁺ por hora. Fato é que o ideal é que se avalie as concentrações individuais de Na⁺ no suor dos atletas para que seja possível planejar uma suplementação mais segura e assertiva (Mcdermott e colaboradores, 2017).

É importante salientar que as estratégias de ingestão de líquidos e eletrólitos antes, durante e depois do exercício físico

devem ser práticas e alcançáveis, considerando a natureza, duração e intensidade do exercício físico, regras do evento e disponibilidade/acessibilidade aos fluidos e à suplementação, bem como preferências do atleta e sua tolerância gastrointestinal (Mcdermott e colaboradores, 2017; Mccubbin e colaboradores, 2020).

Risco de Hiponatremia Associada ao Exercício

A hiponatremia associada ao exercício (HAE) é uma emergência médica, potencialmente fatal, definida pela concentração sérica de Na⁺ abaixo de 135 mmol/L durante o exercício físico ou nas 24 horas que o sucedem.

Essa condição tem maior prevalência em atividades que excedem 4 horas, como maratonas e triatlons de longa duração, sendo mais frequentes em mulheres. A HAE pode resultar do consumo de água e bebidas hipotônicas superior às perdas pelo suor.

Como durante o exercício físico a depuração renal fica diminuída devido à maior secreção do hormônio antidiurético (ADH), o consumo excessivo de líquidos hipotônicos, associado às perdas de Na⁺ pelo suor, pode levar à hiponatremia por diluição. Isso ocorre porque o compartimento extracelular fica hipotônico em relação ao intracelular, fazendo com que haja entrada de água nas células a favor do gradiente de concentração, levando a edema intracelular.

Esse, por sua vez, leva à disfunção das células, tecidos e sistemas, com a maioria dos sinais clínicos refletindo o aumento da pressão intracraniana e a redução da troca de oxigênio nos pulmões.

O óbito por HAE é geralmente devido à herniação do tronco cerebral. Sinais e sintomas leves, para concentrações de Na⁺ perto de 130 mmol/L, incluem tontura, náuseas, edema de extremidades, câibras e aumento da massa corporal.

Se não tratada corretamente, os sintomas podem evoluir para confusão mental, obtundação, convulsões, coma, sinais de herniação e sinais de edema pulmonar não cardiogênico, como dispnéia e expectoração espumosa.

O tratamento médico deve ser iniciado da maneira mais precoce possível, de acordo com o grau de hiponatremia (Mcdermott e colaboradores, 2017).

CONCLUSÃO

É notável que as recomendações de ingestão e suplementação de carboidratos nos esportes de endurance e ultra-endurance são bastantes convergentes entre os órgãos oficiais, o que possibilita grande segurança para os prescritores.

Para a ingestão hídrica, foi unânime a orientação de individualizar a ingestão de acordo com as perdas de cada atleta.

Os órgãos concordam que haja a necessidade de se repor Na⁺ em decorrência do exercício físico, mas, por outro lado, há divergências em como fazê-lo e, portanto, o ideal é que se avalie as concentrações de Na⁺ no suor de cada atleta para que seja possível planejar a suplementação mais segura e assertiva.

Sendo assim, as Diretrizes apresentam-se como ótimo guia para prescrição dietética, desde que sejam consideradas e adaptadas às condições ambientais de umidade, temperatura, vento e às individualidades das modalidades e atletas, respeitando-se a periodização e nível de treinamento, preferências alimentares e tolerância gastrointestinal, estado de aclimação.

REFERÊNCIAS

- 1-Basset, D.R.; Nagle, F.J.; Mookerjee, S.; Darr, K.C.; Ng, A.V.; Voss, S.G.; Napp, J.P. Thermoregulatory responses to skin wetting during prolonged treadmill running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 19. Núm. 1. p. 28-32. 1987.
- 2-Bergström, J.; Hermansen, L.; Hultman, E.; Saltin, B. Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta physiologica scandinavica*. Vol. 71. Núm. 2-3. p. 140-150. 1967.
- 3-Burke, L.M.; Castell, L.M.; Casa, D.J.; Close, G.L.; Costa, R.J.S.; Desbrow, B.; Halson, S.L.; Lis, D.M.; Melin, A.K.; Peeling, P.; Saunders, P.U.; Slater, G.J.; Sygo, J.; Witard, O.C.; Bermon, S.; Stellingwerff, T. International Association of Athletics Federations Consensus Statement 2019: Nutrition for Athletics. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. Vol. 29. Núm. 2. p. 73-84. 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30952204/>
- 4-Carvalho, T.; Mara, L.S. Hidratação e nutrição no esporte. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 16. Núm. 2. p. 144-148. 2010.
- 5-Fédération Internationale de Natation Nutrition Expert Panel. FINA. FINA-Yakult consensus statement on nutrition for the aquatic sports. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. Vol. 24. Núm. 4. p. 349-350. 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24936970/>
- 6-Felig, P.; Wahren, J. Fuel homeostasis in exercise. *New England Journal of Medicine*. Vol. 293. Núm. 21. p. 1078-1084. 1975.
- 7-International Olympic Committee. IOC consensus statement on sports nutrition 2010. *Journal of Sports Sciences*. Vol. 29. sup. 1. S-S4. 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22150426/>
- 8-Jeukendrup, A.E. Carbohydrate and exercise performance: the role of multiple transportable carbohydrates. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*. Vol. 13. Núm. 4, p. 452-457. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20574242/>
- 9-Kashapov, R.I.; Kashapov, R.R. Features of nutrition for athletes in cyclic endurance sports. *Voprosy Pitaniia*. Vol. 88. Núm. 6. p. 12-21. 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31860195/>
- 10-Kerksick, C.M.; Wilborn, C.D.; Roberts, M.D.; Smith-Ryan, A.; Kleiner, S.M.; Jäger, R.; Collins, R.; Cooke, M.; Davis, J.N.; Galvan, E.; Greenwood, M.; Lowery, L.M.; Wildman, R.; Antonio, J.; Kreider, R.B. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. Vol. 15. Núm.1. p. 38. 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30068354/>
- 11-McCubbin, A.J.; Allanson B.A.; Odgers, J.N.C.; Cort, M.M.; Costa, R.J.S.; Cox, G.R.; Crawshay, S.T.; Desbrow, B.; Freney, E.G.; Gaskell, S.K.; Hughes, D.; Irwin, C.; Irwin, O.; Lator, B.J.; Ross, M.L.R.; Shaw, G.; Périard, J.D.; Burke, L.M. Sports Dietitians Australia Position Statement: Nutrition for Exercise in Hot Environments. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. Vol. 30.

Núm. 1. p.83-98. 2020. Disponível em:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31891914/>

12-McDermott, B.P.; Scott A.A.; Lawrence E.A.; Douglas J.C.; Samuel N.C.; Larry C.; W. Larry K.; Francis G.O.; William O.R. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Fluid Replacement for the Physically Active. *Journal of Athletic Training*. Vol. 52. Núm. 9. p. 877-895. 2017. Disponível em:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28985128/>

13-Montain, S. J.; Coyle, E. F. Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *Journal of applied physiology*. Vol. 73. Núm. 4. p.1340-1350. 1992.

14-Noakes, T.D. What is the evidence that dietary macronutrient composition influences exercise performance? A narrative review. *Nutrients*. Vol. 14. Núm. 4. p. 1-53. 2022.

15-Nielsen, L.L.; Lambert, M.N.; Jeppesen, P.B. The Effect of Ingesting Carbohydrate and Proteins on Athletic Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Nutrients*. Vol. 12. Núm. 5. p. 1483-1501. 2020. Disponível em:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32443678/>

16-Sawka, M.N.; Coyle, E. F. Influence of body water and blood volume on thermoregulation and exercise performance in the heat. *Exercise and sport sciences reviews*. Vol. 27. p. 167-218. 1999.

17-Thomas, D.T.; Erdman, K.A.; Burke, L.M. American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 48. Núm. 3. p. 543-68. 2016. Disponível em:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26891166/>

18-Tiller, N.B.; Roberts, J.D.; Beasley, L.; Chapman, S.; Pinto, J.M.; Smith, L.; Wiffin, M.; Russell, M.; Sparks, S.A.; Duckworth, L.; O'Hara, J.; Sutton, L.; Antonio, J.; Willoughby, D.S.; Tarpey, M.D.; Smith-Ryan, A.E.; Ormsbee, M.J.; Astorino, T.A.; Kreider, R.B.; McGinnis, G.R.; Stout, J.R.; Smith, J.W.; Arent, S.M.; Campbell, B.I.; Bannock, L. International Society of Sports Nutrition Position Stand: nutritional considerations for single-stage ultra-marathon training and racing. *Journal of the*

International Society of Sports Nutrition. Vol. 16. Núm. 1. p. 50. 2019. Disponível em:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31699159/>

19-Turcotte, L.P.; Hespel, P.J.; Graham, T.E.; Richter, E.A. et al. Impaired plasma FFA oxidation imposed by extreme CHO deficiency in contracting rat skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 77. Núm. 2. p. 517-525. 1994.

Autor correspondente:
 Daniel Godoy Martinez.
danielgmartinez@yahoo.com.br
 Universidade Federal de Juiz de Fora.
 R: José Lourenço Kelmer, s/n.
 São Pedro, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil.
 CEP: 36036-900.

Recebido para publicação em 19/03/2022
 Aceito em 06/03/2022