



NUTRIÇÃO DOS CARBOIDRATOS E PERFORMANCE DE HABILIDADES NO FUTEBOL

(Publicado: agosto de 2023/ Autores: **Ian Rollo Ph.D., Clyde Williams Ph.D.**/Tópicos: Nutrição Esportiva, Treino & Performance, Esporte Específico, Carboidratos)

Ian Rollo, Ph.D. | Instituto Gatorade de Ciências Esportivas, PepsiCo Ciências da Vida, P&D Global, Reino Unido | Escola de Ciências do Exercício, Esportes e Saúde, Universidade Loughborough, Reino Unido

Clyde Williams, Ph.D. | Escola de Ciências do Exercício, Esportes e Saúde, Universidade Loughborough, Reino Unido

PONTOS-CHAVE:

- Jogadas habilidosas são um requisito essencial para a performance no futebol.
- A fadiga, física e mental, sofrida pelos jogadores nos esportes coletivos apresenta um impacto negativo na performance das habilidades específicas ao futebol.
- Aumentar os estoques musculares e do fígado de glicogênio antes das competições e ingerir carboidratos durante essas competições retarda o início da fadiga e é propício para manter a execução dessas habilidades específicas ao esporte.
- A ingestão de carboidratos pode também conter sentimentos negativos subjetivos e melhorar a concentração do jogador ajudando a manter a execução das habilidades ao longo do treino ou da partida.

INTRODUÇÃO

No futebol, habilidade é um termo geral que engloba não apenas a execução física de uma habilidade específica, mas também a complexa interação da capacidade cognitiva e técnica em responder a um grande conjunto de cenários que estão presentes em todas as partidas. Enquanto as habilidades técnicas podem ser aprendidas ao ponto de passarem a ser autônomas, a habilidade cognitiva de “ler a partida” é uma característica desenvolvida pelos jogadores de sucesso no decorrer de suas carreiras.

Em todos os níveis do esporte, a qualidade da habilidade executada provavelmente é influenciada pelo volume precedente de exercícios realizados (atacando ou defendendo) durante a partida. Por exemplo, quanto maior o ritmo do jogo, mais cedo o jogador começará a sentir os efeitos físicos (corrida, sprint, salto), assim como os mentais (concentração, tomada de decisão) da fadiga, o que frequentemente resulta em um aumento de 15% na velocidade da partida (Wallace & Norton, 2014). Essas observações destacam as maiores demandas físicas e técnicas colocadas nos jogadores profissionais de futebol. Embora as métricas do time sejam extremamente informativas, o impacto do treino, da reabilitação e das intervenções nutricionais em jogadores individualmente pode ser melhor compreendido avaliando suas habilidades por meio de avaliações objetivas. Por mais desejável que isso seja, continua sendo um desafio desenvolver e implementar testes objetivos para as habilidades que reproduzem as demandas de uma partida. Como resultado, alguns estudos utilizaram testes de habilidades para o futebol isoladamente, por exemplo, embaixadinhas (Hoare & Warr, 2000), futevôlei na parede (Vanderford et al., 2004), cabeceadas (Rosch et al., 2000), realização de chutes (Ali & Williams, 2009; Haaland & Hoff, 2003), passes (Ali & Williams, 2009; Bendiksen et al., 2012; Rodríguez-Giustiniani et al., 2019; Rostgaard et al., 2008) e dribles (Harper et al., 2017).

Estudos em laboratório oferecem ambientes controlados para investigar habilidades isoladas, enquanto também estimulam as demandas físicas do esporte. Por exemplo, o protocolo “Simulação de uma Partida de Futebol (SMS)” incorpora habilidades específicas ao futebol para melhorar a validade ecológica de uma avaliação simulada previamente validada, replicando as demandas de energia de uma partida de futebol (Nicholas et al., 2000; Russell

et al., 2011). Contudo, enquanto os testes de habilidade objetivos apresentam muitas vantagens, eles também apresentam limitações. Por exemplo, a superfície de jogo é uma consideração importante na validade ecológica dos testes de habilidade no futebol (Harper et al., 2017; Rodríguez-Giustiniani et al., 2019). Além disso, o calçado utilizado para as diferentes superfícies pode não ser favorável para a habilidade sendo avaliada, como chuteiras em comparação com o tênis quando se testa a habilidade no chute. Ali (2011) revisou as vantagens e limitações dos testes de performance das habilidades do futebol.

INGESTÃO DE CARBOIDRATOS E HABILIDADE

Enquanto adotar estratégias nutricionais para retardar a rápida perda dos estoques corporais de glicogênio ajuda os jogadores a manterem seu ritmo de trabalho durante as partidas, a pergunta é: isso também ajudaria a prevenir a piora das habilidades? Uma simples resposta seria, se os jogadores se cansam menos facilmente após a implementação de uma estratégia de consumo de carboidratos, então provavelmente eles irão executar melhor as habilidades necessárias na partida. Infelizmente, há muito poucos estudos para fornecer uma resposta definitiva a essa questão. Contudo, um estudo relatou que quando jogadores profissionais de futebol homens ingeriram uma bebida com 7% de carboidratos e eletrólitos, ou uma bebida placebo, antes (5 ml/kg de massa corporal (MC)) e a cada 15 minutos (2 ml/kg MC) durante uma partida de futebol em gramado com duração de 90 minutos, e depois completaram uma avaliação de quatro habilidades (velocidade do drible, coordenação, precisão e força), houve uma melhora significativa na velocidade do drible e na precisão após a ingestão de carboidratos (Ostojic & Mazic, 2002). O tipo, a quantidade e o momento do consumo mais adequado de carboidratos a serem ingeridos nos esportes coletivos, geraram as recomendações experimentadas e testadas (Anderson et al., 2016; Burke et al., 2011; Collins et al., 2021; Funnell et al., 2017; Harper et al., 2017; Moss et al., 2020; Rollo et al., 2021; Thomas et al., 2016) (Tabela 1).

Cenário de Exercício do Esporte Coletivo	Objetivos	Adaptação/Resultado Desejados	Intervalo Sugerido para a Ingestão Diária de Carboidratos	Considerações
Treinos na Temporada (1 jogo por semana)	<ul style="list-style-type: none"> Retardar a fadiga física e mental Manter qualidades físicas (e melhorar onde possível/apropriado) 	<ul style="list-style-type: none"> Manter o condicionamento aeróbico e anaeróbico Manter, pelo menos, a força, potência e velocidade 	4-8 g/kg de massa corporal	O intervalo acomoda variações nas cargas durante o microciclo (protocolo para a carga de carboidratos nos dias com carga baixa e no dia da partida -1), assim como objetivos individuais de treinamento (exemplo, manipulação da composição corporal para acomodar perda de peso e perda de gordura, ou ganho de peso e ganho de massa magra). Regime de ingestão de carboidratos para treinos nas competições
Dia da Partida-1, Dia da Partida e Dia da Partida+1	<ul style="list-style-type: none"> Manter os jogadores livres de lesões e doenças 	<ul style="list-style-type: none"> Manter a massa magra corporal Dar suporte à performance física e técnica 	6-8 g/kg de massa corporal para elevar os estoques de glicogênio muscular	Ingerir 1-3 g de carboidratos/kg de massa corporal, 3-4 horas antes de uma partida para repor os estoques de glicogênio do fígado. Ingerir 30 g de carboidratos após o aquecimento e durante o intervalo do meio-tempo. Ingerir 1 g de carboidrato/ kg de massa corporal /hora com líquidos após a partida para iniciar a restauração do glicogênio e a reidratação.

Tabela 1: Recomendações para a Ingestão de Carboidratos no Futebol (de Rollo et al., 2014; 2021).

Em um estudo inovador sobre o impacto da ingestão de carboidratos nas habilidades, foram realizados testes com os membros dominantes e não-dominantes dos jogadores. Utilizando um protocolo específico ao futebol, escores mais altos para passes foram atingidos por ambos os pés dominantes e não-dominantes após um regime de ingestão de carboidratos validado ecologicamente (30 g, antes da atividade e no meio-tempo, em comparação com placebo, enquanto ingerindo água ad libitum) (Rodríguez-Giustiniani et al., 2019). Este efeito foi evidente nos 30 minutos finais do protocolo com duração de 90 minutos. De maneira importante, uma maior performance foi alcançada sem a perda de velocidade nos passes, que foi mantida melhor no pé não-dominante com a ingestão de carboidratos. Essa observação é relevante porque é consistente com outros estudos em esportes como o tênis, onde golpes (backhand) pelos lados não-dominantes, ou mais fracos, respondem positivamente à ingestão de carboidratos, especialmente quando fadigados (McRae et al., 2012). A avaliação de ações complexas de habilidade pelo lado não-dominante pode necessitar de maior ativação do sistema nervoso central (SNC) e, portanto, ser mais suscetível à fadiga (Rodríguez-Giustiniani et al., 2019). Além disso, jogadas de habilidade do lado não-dominante podem provavelmente serem mais influenciadas pelo nível de excitação do jogador (McMorris & Graydon, 1997). Desta forma, a avaliação dos lados não-dominantes dos jogadores parece ter maior sensibilidade à ingestão de carboidratos, mesmo que o lado "não-dominante" provavelmente seja pior na execução das habilidades.

INGESTÃO DE CARBOIDRATOS E FADIGA MENTAL

Apesar da otimização do sono por meio das dicas de higiene do sono Um modelo recente de fadiga induzida por atividade motora, ou cognitiva, propõe que um fator exclusivo não é responsável por declínios na performance de habilidades. Ao contrário, a fadiga é considerada uma condição psicofisiológica (Enoka et al., 2011). A fadiga motora e a fadiga

percebida são interdependentes, mas dependem de diversos fatores determinantes e moduladores como a idade, o sexo e as características específicas à habilidade (Behrens et al., 2022). A fadiga mental é definida como um estado psicobiológico que se desenvolve durante uma atividade cognitiva prolongada com alta demanda e resulta em um sentimento agudo de cansaço e/ou menor capacidade cognitiva, assim como alterações no humor (Habay et al., 2021; Roelands et al., 2022). A fadiga mental foi reconhecida como consideração essencial nos esportes coletivos, devido ao impacto negativo associado à performance física, técnica, na tomada de decisões e na performance tática (Smith et al., 2018). Fatores contribuintes à fadiga mental no contexto dos esportes coletivos incluem (mas não se limitam) as demandas cognitivas prolongadas, as reuniões de equipe, viagens e a incapacidade de "desligar" (Thompson et al., 2020; 2022). Para enfatizar o possível impacto na performance, foi encontrado em uma revisão (n=92) que a fadiga mental apresenta influência negativa em 37% das habilidades específicas ao futebol (Habay et al., 2021).

Monitorar a fadiga mental é recomendado nos esportes coletivos para fornecer um indicador de como os jogadores estão lidando com as demandas da competição e/ou dos treinos (Thompson et al., 2019). Também são recomendadas estratégias para ajudar a evitar a fadiga mental, como atividades que precisam de deslocamento, alterações na rotina e no ambiente dos treinos, e claro, o descanso e a recuperação adequados. Aumentar os carboidratos na dieta ao mesmo tempo que se trabalha a capacidade de exercício, tanto nos treinos quanto nas competições, também pode ser uma contramedida para a fadiga mental que influencia o humor (Achten et al., 1994; Killer et al., 2017). Se os jogadores estão se sentindo bem ao invés de mal (prazer-desprazer) e energizados (em um estado ativo) antes e durante as partidas, então mais provavelmente eles irão apresentar um melhor desempenho (Acevedo et al., 1996; McMorris & Graydon, 1997). Backhouse e colaboradores relataram que a ingestão de carboidratos elevou o estado ativo observado durante os 30 minutos finais em um exercício de corrida intermitente com

duração de 120 minutos (Backhouse et al., 2007) e, também, atenuou a redução no prazer-desprazer durante uma sessão de 120 minutos de ciclismo (Backhouse et al., 2005). Aplicar a escala de sensação “Feeling Scale” (FS) e a escala da taxa de esforço percebido (RPE) permite uma medida não apenas “do quê” (RPE) mas também “como” (FS) uma pessoa se sente (Hardy & Rejeski, 1989), mas é raramente administrada durante estudos de intervenção das habilidades, ou em contextos práticos do futebol.

Uma revisão recente identificou o enxágue bucal com bebida contendo carboidratos, depois sendo descartada, como uma possível contramedida aguda para a fadiga mental (Proost et al., 2022). O reconhecimento do carboidrato na boca, quando administrado imediatamente após uma atividade mentalmente fatigante, foi relacionado a uma maior excitabilidade das vias corticomotoras (Bailey et al., 2021; Gant et al., 2010). Além disso, parece haver uma relação direta entre uma melhora em atividades específicas a uma tarefa e a ativação do córtex sensorial motor primário em resposta à sinalização oral de carboidratos (Turner et al., 2014). Estes resultados contribuem com uma possível explicação para a melhor performance em resposta ao enxágue bucal com bebida contendo carboidratos (veja Rollo & Williams, 2011).

Estas respostas à ingestão de carboidratos podem não ser surpreendentes tendo em mente que a glicose é o principal combustível para o cérebro e o SNC (Mergenthaler et al., 2013). O ótimo funcionamento do cérebro e do SNC necessita que a homeostase da glicose seja mantida durante uma grande variedade de condições. Se a glicose sanguínea cai para concentrações de hipoglicemia, então a condução nervosa para a musculatura esquelética será comprometida, apesar da função ser restaurada após a ingestão de carboidratos (Nybo, 2003). Durante o exercício, a taxa de liberação de glicose do fígado para o sangue aumenta para corresponder à captação de glicose realizada pela musculatura contrátil (Wasserman, 2009). Na maioria dos esportes coletivos, as concentrações de glicose sanguínea são bem mantidas ao longo da competição (aproximadamente 80-90 minutos) e no tempo extra (120 minutos no futebol), em indivíduos bem nutridos (Harper et al., 2016). No entanto, a ingestão de carboidratos no início do exercício é uma estratégia efetiva não apenas para completar os estoques de glicogênio do fígado e dos músculos, mas também inibir temporariamente a liberação hepática de glicose de uma maneira dose-dependente, desta forma, conservando os estoques de glicogênio do fígado (Jeukendrup et al., 1999). A ingestão de carboidratos, como meio de preservar o estoque finito de glicogênio do fígado, irá manter as concentrações da glicose sanguínea e a performance na fase tardia do exercício. Essa estratégia é particularmente benéfica quando as partidas de futebol vão para o tempo extra, o que está se tornando uma ocorrência comum nas competições internacionais e das principais ligas (Field et al., 2022; Mohr et al., 2023).

De interesse, é a observação de que concentrações elevadas de glicose sanguínea estão associadas com uma melhor performance das habilidades em comparação com a glicemia normal (Ali & Williams, 2009; Ali et al., 2007; Harper et al., 2017; Rodriguez-Giustiniani et al., 2019). Uma explicação direta para esta observação não está clara, a não ser o fato de que a glicose é o combustível para o cérebro (Lopez-Gamero et al., 2019; van Praag et al., 2014). O cérebro é sensível às alterações na glicose sanguínea e, assim, a taxa de alteração pode funcionar para monitorar a disponibilidade dos estoques de carboidrato no corpo inteiro.

Carboidrato da dieta	Consideração
Bebida esportiva	Contribui com o plano de hidratação
Banana	Certifique-se que a fruta esteja madura
Doces/Confeitos	Cheque o conteúdo de carboidratos, garanta que não haja consumo excessivo pelos jogadores que não iniciam a partida/de impacto (substitutos)
Gel esportivo	Cheque o conteúdo de carboidratos, consumir com água como parte do plano de hidratação
Bolo de arroz (x4)	Cheque o conteúdo de carboidratos
Barra de cereal	Cheque o conteúdo de carboidratos

Tabela 2: exemplos de opções nutricionais fornecendo aproximadamente 30 g de carboidratos, recomendadas antes das partidas, no meio-tempo e antes de qualquer período extra de tempo. A ingestão de carboidratos deve ser planejada conforme a estratégia de hidratação individual dos jogadores.

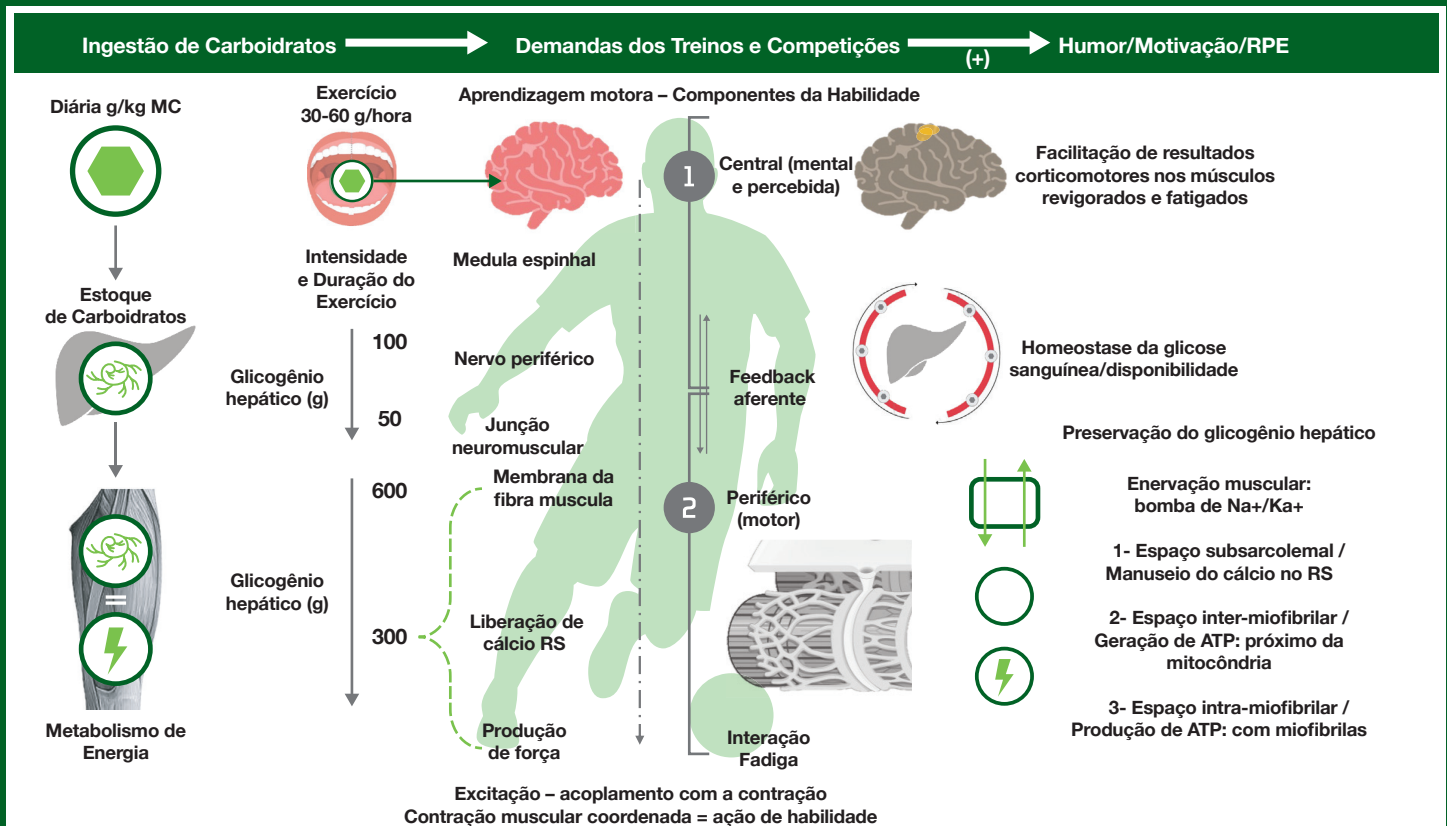


Figura 1: Traduzindo pensamentos em jogadas de habilidade. A cadeia eletroquímica de eventos entre o cérebro e os músculos esqueléticos, na qual a ingestão de carboidratos pode impactar na performance das habilidades. MC = massa corporal, SR = retículo sarcoplasmático, Ca^{+} = cálcio, Na^{+}/K^{+} = bomba de sódio, potássio, ATP = trifosfato de adenosina. + = influência positiva sobre, - = influência negativa sobre. Humor, Motivação, RPE (Jeukendrup et al., 1999; Nybo, 2003; Turner et al., 2014), Facilitação de resultados corticomotores (Ali et al., 2007; Mohr et al., 2023), disponibilidade de glicose sanguínea, preservação do glicogênio hepático (Fuchs et al., 2016; Gonzalez et al., 2016; Jeukendrup et al., 1999; Newell et al., 2018), Inervação muscular: manuseio do cálcio no SR (Ortenbald et al., 2011), geração de ATP (Duhamel et al., 2007; Nielsen et al. 2011; Ortenbald et al., 2011). Figura retirada de Rollo e Williams (2023), com permissão.

RESUMO E RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS

Os jogadores de futebol sofrem, em diferentes graus, uma fadiga física e mental que pode impactar negativamente a performance de habilidades específicas ao futebol. A Figura 1 resume uma série complexa de eventos entre o cérebro e a musculatura esquelética que interagem minimizando o impacto da fadiga física e mental na performance das habilidades durante o exercício, após a ingestão de carboidratos. É importante notar que as recomendações para a ingestão de carboidratos (Tabela 1) podem ser alcançadas pelo consumo de diferentes fontes alimentares de carboidratos. Os jogadores devem ser estimulados a consumir uma grande variedade de alimentos para atingirem suas metas diárias de carboidratos, enquanto alcançam outros importantes objetivos nutricionais relacionados às proteínas, à hidratação e às gorduras. Por volta da ocasião do exercício, a ingestão de 30 g de carboidratos pode ser atingida pelo consumo de um ou uma combinação de diferentes alimentos fonte de carboidratos em conjunto e correspondendo às preferências dos jogadores (Tabela 2).

Gostaríamos de reconhecer e agradecer a todos os colegas e colaboradores, antigos e atuais. Ian Rollo é funcionário do Instituto Gatorade de Ciências dos Esportes, uma divisão da PepsiCo, Inc. Os pontos de vista expressos neste manuscrito são dos autores e não refletem necessariamente a posição, ou políticas, da PepsiCo Inc.

REFERÊNCIAS

- Acevedo, E., D. Gill, A. Goldfarb, and B. Boyer (1996). Affect and perceived exertion during a two-hour run International J. Sport Psychol. 27:286-292.
- Achten, J., S.L. Halson, L. Moseley, M.P. Rayson, A. Casey, and A.E. Jeukendrup (2004). Higher dietary carbohydrate content during intensified running training results in better maintenance of performance and mood state. J. Appl. Physiol. 96:1331-1340.
- Ali, A. (2011). Measuring soccer skill performance: a review. Scand. J. Med. Sci. Sports. 21:170-183.
- Ali, A. and C. Williams (2009). Carbohydrate ingestion and soccer skill performance during prolonged intermittent exercise. J. Sports Sci. 27:1499-1508.
- Ali, A., C. Williams, C.W. Nicholas, and A. Fosskett (2007). The influence of carbohydrate-electrolyte ingestion on soccer skill performance. Med. Sci. Sports Exerc. 39:1969-1976.
- Anderson, L., P. Orme, R. Di Michele, G.L. Close, R. Morgans, B. Drust, and J.P. Morton (2016). Quantification of training load during one-, two- and three-game week schedules in professional soccer players from the English Premier League: Implications for carbohydrate periodisation. J. Sports Sci. 34:1250-1259.
- Andrzejewski, M., J.M. Oliva-Lozano, P. Chmura, J. Chmura, S. Czarniecki, E. Kowalczyk, A. Rokita, J.M. Muyor, and M. Konefal (2022). Analysis of team success based on match technical and running performance in a professional soccer league. BMC Sports Sci. Med. Rehabil. 14:82.
- Backhouse, S.H., N.C. Bishop, S.J. Biddle, and C. Williams (2005). Effect of carbohydrate and prolonged exercise on affect and perceived exertion. Med. Sci. Sports Exerc. 37:1768-1773.
- Backhouse, S.H., A. Ali, S.J. Biddle, and C. Williams (2007). Carbohydrate ingestion during prolonged high-intensity intermittent exercise: Impact on affect and perceived exertion. Scand. J. Med. Sci. Sports 17:605-610.

- Bailey, S.P., G.K. Harris, K. Lewis, T.A. Llewellyn, R. Watkins, M.A. Weaver, B. Roelands, J. Van Cutsem, and S.F. Folger (2021). Impact of a carbohydrate mouth rinse on corticomotor excitability after mental fatigue in healthy college-aged subjects. *Brain Sci.* 11:972.
- Behrens, M., M. Gube, H. Chaabene, O. Prieske, A. Zenon, K.C. Broscheid, L. Schega, F. Husmann, and M. Weippert (2023). Fatigue and human performance: An updated framework. *Sports Med.* 53:7-31.
- Bendiksen, M., R. Bischoff, M.B. Randers, M. Mohr, I. Rollo, C. Suetta, J. Bangsbo, and P. Krstrup (2012). The Copenhagen Soccer Test: physiological response and fatigue development. *Med. Sci. Sports Exerc.* 44:1595-1603.
- Bradley, P. S., C. Lago-Penas, E. Rey, and A. Gomez Diaz (2013). The effect of high and low percentage ball possession on physical and technical profiles in English FA Premier League soccer matches. *J. Sports Sci.* 31:1261-1270.
- Burke, L.M., J.A. Hawley, S.H. Wong, and A.E. Jeukendrup (2011). Carbohydrates for training and competition. *J. Sports Sci.* 29 (Suppl 1):S17-S27.
- Collins, J., R.J. Maughan, M. Gleeson, J. Bilsborough, A. Jeukendrup, J.P. Morton, S.M. Phillips, L. Armstrong, L.M. Burke, G.L. Close, R. Duffield, E. Larson-Meyer, J. Louis, D. Medina, F. Meyer, I. Rollo, J. Sundgot-Borgen, B.T. Wall, B. Boulosa, G. Dupont, A. Lizarraga, P. Res, M. Bizzini, C. Castagna, C.M. Cowie, M. D'Hooghe, H. Geyer, T. Meyer, N. Papadimitriou, M. Vouillamoz, and A. McCall (2021). UEFA expert group statement on nutrition in elite football. Current evidence to inform practical recommendations and guide future research. *Br. J. Sports Med.* 55:416.
- Duhamel, T.A., R.D. Stewart, A.R. Tupling, J. Ouyang, and H.J. Green (2007). Muscle sarcoplasmic reticulum calcium regulation in humans during consecutive days of exercise and recovery. *J. Appl. Physiol.* 103:1212-1220.
- Enoka, R.M., S. Baudry, T. Rudroff, D. Farina, M. Klass, and J. Duchateau (2011). Unraveling the neurophysiology of muscle fatigue. *J. Electromyogr. Kines.* 21:208-219.
- Field, A., R.J. Naughton, M. Haines, S. Lui, L.D. Corr, M. Russell, R.M. Page, and L.D. Harper (2022). The demands of the extra-time period of soccer: A systematic review. *J. Sport Health Sci.* 11:403-414.
- Fuchs, C.J., J.T. Gonzalez, M. Beelen, N.M. Cermak, F.E. Smith, P.E. Thelwall, R. Taylor, M.I. Trenell, E.J. Stevenson, and L.J. van Loon (2016). Sucrose ingestion after exhaustive exercise accelerates liver, but not muscle glycogen repletion compared with glucose ingestion in trained athletes. *J. Appl. Physiol.* 120:1328-1334.
- Funnell, M.P., N.R. Dykes, E.J. Owen, S.A. Mears, I. Rollo, and L.J. James (2017). Ecologically valid carbohydrate intake during soccer-specific exercise does not affect running performance in a fed state. *Nutrients* 9:39.
- Gant, N., C.M. Stinear, and W.D. Byblow (2010). Carbohydrate in the mouth immediately facilitates motor output. *Brain Res.* 1350:151-158.
- Gonzalez, J.T., C.J. Fuchs, J.A. Betts, and L.J. van Loon (2016). Liver glycogen metabolism during and after prolonged endurance-type exercise. *Am. J. Physiol.* 311:E543-E553.
- Haaland, E. and J. Hoff (2003). Non-dominant leg training improves the bilateral motor performance of soccer players. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 13:179-184.
- Habay, J., J. Van Cutsem, J. Verschuere, S. De Bock, M. Proost, J. De Wachter, B. Tassignon, R. Meeusen, and B. Roelands (2021). Mental fatigue and sport-specific psychomotor performance: A systematic review. *Sports Med.* 51:1527-1548.
- Hardy, C. J. and W. Rejeski (1989). Not what, but how ones feels: The measurement of affect during exercise. *J. Sport Exerc. Psychol.* 11:304-317.
- Harper, L.D., D.J. West, E. Stevenson, and M. Russell (2014). Technical performance reduces during the extra-time period of professional soccer match-play. *PLoS one* 9:e110995.
- Harper, L.D., M.A. Briggs, G. McNamee, D.J. West, L.P. Kilduff, E. Stevenson, and M. Russell (2016). Physiological and performance effects of carbohydrate gels consumed prior to the extra-time period of prolonged simulated soccer match-play. *J. Sci. Med. Sport* 19:509-514.
- Harper, L.D., E.J. Stevenson, I. Rollo, and M. Russell (2017). The influence of a 12% carbohydrate-electrolyte beverage on self-paced soccer-specific exercise performance. *J. Sci. Med.* 12:1123-1129.
- Hoare, D.G. and C.R. Warr (2000). Talent identification and women's soccer: an Australian experience. *J. Sports Sci.* 18:751-758.
- Jeukendrup, A.E., A.J. Wagenmakers, J.H. Stegen, A.P. Gijsen, F. Brouns, and W.H. Saris (1999). Carbohydrate ingestion can completely suppress endogenous glucose production during exercise. *Am. J. Physiol.* 276:E672-E683.
- Killer, S.C., I.S. Svendsen, A.E. Jeukendrup, and M. Gleeson (2017). Evidence of disturbed sleep and mood state in well-trained athletes during short-term intensified training with and without a high carbohydrate nutritional intervention. *J. Sports Sci.* 35:1402-1410.
- Lopez-Gamero, A.J., F. Martinez, K. Salazar, M. Cifuentes, and F. Nualart (2019). Brain glucose-sensing mechanism and energy homeostasis. *Mol. Neurobiol.* 56:769-796.
- McMorris, T. and J. Graydon (1997). The effect of exercise on cognitive performance in soccer-specific tests. *J. Sports Sci.* 15:459-468.
- McRae, K.A. and S.D. Galloway (2012). Carbohydrate-electrolyte drink ingestion and skill performance during and after 2 hr of indoor tennis match play. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 22:38-46.
- Mergenthaler, P., U. Lindauer, G.A. Dienel, and A. Meisel (2013). Sugar for the brain: The role of glucose in physiological and pathological brain function. *Trends Neurosci.* 36:587-597.
- Mohr, M., J.F. Vigh-Larsen, and P. Krstrup (2022). Muscle glycogen in elite soccer - A perspective on the implication for performance, fatigue, and recovery. *Front. Sports Active Living* 4:876534.
- Mohr, M., G. Ermidis, A.Z. Jamurtas, J.F. Vigh-Larsen, A. Poullos, D. Draganidis, K. Papanikolaou, P. Tsimeas, D. Batsilas, G. Loules, A. Batrakoulis, A. Sovatzidis, J.L. Nielsen, T. Tzatzakis, C.K. Dell, L. Nybo, P. Krstrup, and I.G. Fatouros (2023). Extended match time exacerbates fatigue and impacts physiological responses in male soccer players. *Med. Sci. Sports Exerc.* 55:80-92.
- Moss, S.L., R.K. Randell, D. Burgess, S. Ridley, C. ÓCairealláin, R. Allison, and I. Rollo (2020). Assessment of energy availability and associated risk factors in professional female soccer players. *Eur. J. Sport Sci.* 6:861-870.
- Newell, M.L., G.A. Wallis, A.M. Hunter, K.D. Tipton, and S.D.R. Galloway (2018). Metabolic responses to carbohydrate ingestion during exercise: Associations between carbohydrate dose and endurance performance. *Nutrients* 10:37.
- Nicholas, C.W., F.E. Nuttall, and C. Williams (2000). The Loughborough Intermittent Shuttle Test: a field test that simulates the activity pattern of soccer. *J. Sports Sci.* 18:97-104.
- Nielsen, J., H.C. Holmberg, H.D. Schroder, B. Saltin, and N. Ortenblad (2011). Human skeletal muscle glycogen utilization in exhaustive exercise: Role of subcellular localization and fibre type. *J. Physiol.* 589:2871-2885.
- Nybo, L. (2003). CNS fatigue and prolonged exercise: Effect of glucose supplementation. *Med. Sci. Sports Exerc.* 35:589-594.
- Ortenblad, N., J. Nielsen, B. Saltin, and H.C. Holmberg (2011). Role of glycogen availability in sarcoplasmic reticulum Ca²⁺ kinetics in human skeletal muscle. *J. Physiol.* 589:711-725.
- Ostojic, S.M. and S. Mazic (2002). Effects of a carbohydrate-electrolyte drink on specific soccer tests and performance. *J. Sports Sci. Med.* 1:47-53.
- Proost, M., J. Habay, J. De Wachter, K. De Pauw, B. Rattray, R. Meeusen, B. Roelands, and J. Van Cutsem (2022). How to tackle mental fatigue: A systematic review of potential countermeasures and their underlying mechanisms. *Sports Med.* 52:2129-2158.
- Rodriguez-Giustiniani, P., I. Rollo, O.C. Witard, and S.D.R. Galloway (2019). Ingesting a 12% Carbohydrate-electrolyte beverage before each half of a soccer match simulation facilitates retention of passing performance and improves high-intensity running capacity in academy players. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 29:397-405.
- Roelands, B., V. Kelly, S. Russell, and J. Habay (2022). The physiological nature of mental fatigue: current knowledge and future avenues for sport science. *Int. J. Sports Physiol. Perf.* 17:149-150.
- Rollo, I. and C. Williams (2011). Effect of mouth-rinsing carbohydrate solutions on endurance performance. *Sports Med.* 41: 449-461.
- Rollo, I., F.M. Impellizzeri, M. Zago, and F.M. Iaia (2014). Effects of 1 versus 2 games a week on physical and subjective scores of subelite soccer players. *Int. J. Sports Physiol. Perf.* 9:425-431.
- Rollo, I., R.K. Randell, L. Baker, J.Y. Leyes, D. Medina Leal, A. Lizarraga, J. Mesalles, A.E. Jeukendrup, L.J. James, and J.M. Carter (2021). Fluid balance, sweat na(+) losses, and carbohydrate intake of elite male soccer players in response to low and high training intensities in cool and hot environments. *Nutrients* 13:401.
- Rollo I and C. Williams (2023). Carbohydrate Nutrition and Skill Performance in Soccer. *Sports Med.* 2023 Epub ahead of print.
- Rosch, D., R. Hodgson, T.L. Peterson, T. Graf-Baumann, A. Junge, J. Chomiak, and J. Dvorak (2000). Assessment and evaluation of football performance. *Am. J. Sports Med.* 28(5 Suppl): S29-S39.
- Rostgaard, T., F.M. Iaia, D.S. Simonsen, and J. Bangsbo (2008). A test to evaluate the physical impact on technical performance in soccer. *J. Strength Cond. Res.* 22:283-292.
- Russell, M., G. Rees, D. Benton, and M. Kingsley (2011). An exercise protocol that replicates soccer match-play. *Int. J. Sports Med.* 32:511-518.

- Smith, M.R., C. Thompson, S.M. Marcora, S. Skorski, T. Meyer, and A.J. Coutts (2018). Mental fatigue and soccer: Current knowledge and future directions. *Sports Med.* 48:1525-1532.
- Thomas, D.T., K.A. Erdman, and L.M. Burke (2016). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *J. Acad. Nutr. Dietet.* 116:501-528.
- Thompson, C.J., J. Fransen, S. Skorski, M.R. Smith, T. Meyer, S. Barrett, and A.J. Coutts (2019). Mental fatigue in football: Is it time to shift the goalposts? An evaluation of the current methodology. *Sports Med.* 49:177-183.
- Thompson, C.J., M. Noon, C. Towson, J. Perry, A.J. Coutts, L.D. Harper, S. Skorski, M.R. Smith, S. Barrett, and T. Meyer (2020). Understanding the presence of mental fatigue in English academy soccer players. *J. Sports Sci.* 38:1524-1530.
- Thompson, C.J., A. Smith, A.J. Coutts, S. Skorski, N. Datson, M.R. Smith, and T. Meyer (2022). Understanding the presence of mental fatigue in elite female football. *Res. Quart. Exerc. Sport* 93:504-515.
- Turner, C.E., W.D. Byblow, C.M. Stinear, and N. Gant (2014). Carbohydrate in the mouth enhances activation of brain circuitry involved in motor performance and sensory perception. *Appetite* 80:212-219.
- Vanderford, M.L., M.C. Meyers, W.A. Skelly, C.C. Stewart, and K.L. Hamilton (2004). Physiological and sport-specific skill response of olympic youth soccer athletes. *J. Strength Cond. Res.* 18:334-342.
- van Praag, H., M. Fleshner, M.W. Schwartz, and M.P. Mattson (2014). Exercise, energy intake, glucose homeostasis, and the brain. *J. Neurosci.* 34:15139-15149.
- Wallace, J.L. and K.I. Norton (2014). Evolution of World Cup soccer final games 1966-2010: game structure, speed and play patterns. *J. Sci. Med. Sport* 17:223-228.
- Wasserman, D.H. (2009). Four grams of glucose. *Am. J. Physiol.* 296:E11-E21.
- Williams, C., and I. Rollo (2015). Carbohydrate nutrition and team sport performance. *Sports Med.* 45 (Suppl 1):S13-S22.