



CONSUMO DE CARBOHIDRATOS Y EJECUCIÓN DE HABILIDADES EN EL FÚTBOL

Ian Rollo Ph.D,¹ Clyde Williams Ph.D,²

¹Gatorade Sports Science Institute, PepsiCo Life Sciences, Global R&D, UK

²School of Sports Exercise and Health Sciences, Loughborough University, UK

PUNTOS CLAVE

- Tener habilidades es un requisito esencial para un buen desempeño en el fútbol.
- La fatiga física y mental que experimentan los jugadores en deportes de equipo tiene un impacto negativo en la ejecución de las habilidades de los jugadores de fútbol.
- Aumentar las reservas de glucógeno en los músculos y el hígado antes, así como la ingesta de carbohidratos durante los partidos, retrasa la aparición de la fatiga y ayuda a mantener la ejecución de habilidades específicas del fútbol.
- El consumo de carbohidratos también puede contrarrestar las percepciones negativas y mejorar la concentración del jugador para ayudarle a mantener la ejecución de habilidades durante un entrenamiento o partido.

INTRODUCCIÓN

En el fútbol, habilidad es un término general que engloba no sólo el desempeño físico de un movimiento en particular sino también la compleja interacción de la capacidad cognitiva y técnica para responder a la multitud de escenarios que se presentan en cada partido. Si bien las habilidades técnicas pueden aprenderse hasta el punto de ser autónomas, la habilidad cognitiva de “leer el juego” es una que desarrollan los jugadores exitosos a lo largo de sus carreras deportivas.

En todos los niveles del fútbol, la calidad de la habilidad realizada probablemente esté influenciada por el volumen anterior de ejercicio completado (ataque y defensa) durante la duración de un partido. Por ejemplo, cuanto más alto es el ritmo de un juego, más pronto los jugadores comienzan a experimentar los efectos de la fatiga, tanto físicos (trotes, sprints y saltos) como mentales (concentración, toma de decisiones). Un aumento del 15% en la velocidad del partido a menudo genera estos efectos (Wallace y Norton, 2014). Tales observaciones resaltan las elevadas exigencias físicas y técnicas impuestas a los jugadores de fútbol profesional.

Si bien las métricas del equipo son enormemente informativas, el impacto del entrenamiento, la rehabilitación y la intervención nutricional en los jugadores se pueden comprender mejor evaluando sus habilidades individuales mediante pruebas objetivas. Por deseable que sea, sigue siendo un desafío diseñar e implementar pruebas de habilidad objetivas que reproduzcan las exigencias de un partido. Como resultado, algunos estudios han utilizado pruebas aisladas de habilidades futbolísticas, por ejemplo, malabarismo con el balón (Hoare & Warr, 2000), volea de pared (Vanderford et al., 2004), cabeceo (Rosch et al., 2000), tiro (Ali & Williams, 2009; Haaland & Hoff, 2003), pases (Ali & Williams, 2009; Bendiksen et al., 2012; Rodríguez-Giustiniani et al., 2019; Rostgaard et al., 2008) y dribleo (regate) (Harper et al., 2017).

Los estudios de laboratorio proporcionan entornos controlados para investigar habilidades aisladas y, al mismo tiempo, simulan las demandas físicas del deporte. Por ejemplo, el protocolo de simulación de partidos de fútbol (SPF) incorpora habilidades específicas del fútbol para mejorar la validez ecológica de una evaluación simulada previamente validada que reproduce las demandas de energía de un

partido (Nicholas et al., 2000; Russell et al., 2011). Sin embargo, si bien las pruebas objetivas de habilidad tienen muchas ventajas, no están exentas de limitaciones. Por ejemplo, la superficie de juego es una consideración importante en la validez ecológica de las pruebas de habilidad en el fútbol (Harper et al., 2017; Rodríguez-Giustiniani et al., 2019). Además, el calzado usado para diferentes superficies puede no ser adecuado para la habilidad que se evalúa, es decir, botas versus zapatillas (trainers) al evaluar la habilidad de tiro. Ali (2011) ha revisado las fortalezas y limitaciones de las pruebas de desempeño de habilidades en el fútbol.

INGESTA DE CARBOHIDRATOS Y HABILIDADES

Si bien la aplicación de estrategias nutricionales que retrasen la pérdida rápida de las reservas de glucógeno del cuerpo ayuda a los jugadores a mantener su ritmo de trabajo durante los partidos, la pregunta es si también ayuda a prevenir la pérdida de habilidades. Una respuesta simple sería que si los jugadores se cansan menos fácilmente, después de implementar una estrategia de consumo de carbohidratos, es probable que ejecuten mejor las habilidades necesarias en el juego. Desafortunadamente, hay muy pocas investigaciones para dar una respuesta definitiva a esta pregunta. Sin embargo, en un estudio se informó que cuando jugadores de fútbol profesionales masculinos ingirieron una bebida con un 7% de carbohidratos y electrolitos o un placebo antes (5 mL·kg de masa corporal⁻¹ (MC)) y cada 15 minutos (2 mL·kg de MC⁻¹) durante un partido de fútbol de 90 minutos en el campo y luego completaron una evaluación de cuatro habilidades (velocidad de dribleo, coordinación, precisión y potencia), hubo una mejora significativa en la velocidad y precisión del dribleo después del consumo de carbohidratos (Ostojic y Mazic, 2002). El tipo, el momento y la cantidad adecuados de carbohidratos que se deben consumir durante los deportes de equipo han dado lugar a recomendaciones probadas y comprobadas (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) (Tabla 1).

Momento del equipo	Objetivos	Resultados/ Adaptaciones deseadas	Rango sugerido de ingesta diaria de carbohidratos	Consideraciones
Entrenamientos en temporada (1 juego a la semana)	<ul style="list-style-type: none"> Retrasar la fatiga mental. Mantener las cualidades físicas (mejorar cuando sea posible/ apropiado). Mantener a los jugadores libres de enfermedades y lesiones. 	<ul style="list-style-type: none"> Mantener el acondicionamiento aeróbico y anaeróbico. Por lo menos mantener la fuerza, potencia y velocidad. Mantener la masa libre de grasa. Respaldar el rendimiento físico y técnico. 	4-8 g/kg de masa corporal.	<p>Los rangos deben ajustarse a las variaciones de las cargas a través del microciclo (por ej., entrenamientos de baja carga y días de Partido-1 protocolos de carga de carbohidratos), así como a los objetivos individuales del entrenamiento (por ej., manejo de la composición corporal para producir pérdida de peso y grasa o ganancia de tejido magro).</p> <p>Practicar el plan de ingesta de carbohidratos para los partidos.</p>
Día de partido -1 Día de Partido Día de partido +1			6-8 g/kg de masa corporal para elevar las reservas de glucógeno muscular.	<p>Ingerir 1-3 g de carbohidratos/kg de masa corporal 3-4 horas antes del partido para llenar las reservas de glucógeno en el hígado.</p> <p>Consumir 30 g de carbohidratos después del calentamiento y durante el intervalo del medio tiempo.</p> <p>Ingerir 1 g de carbohidrato/kg masa corporal/hora con bebidas después del partido para comenzar la reposición de glucógeno y la rehidratación.</p>

Tabla 1: Recomendaciones de ingesta de carbohidratos para futbolistas (de Rollo y col., 2014; 2021).

En un estudio innovador sobre el impacto de la ingesta de carbohidratos en la habilidad, se realizaron pruebas en las extremidades dominantes y no dominantes de los jugadores. Utilizando un protocolo específico para el fútbol, se lograron puntuaciones de pase más altas tanto con los pies dominantes como con los no dominantes después de un régimen de ingesta de carbohidratos ecológicamente válido (30 g, antes y en el medio tiempo, en comparación con placebo mientras se bebía agua ad libitum) (Rodríguez- Giustiniani et al., 2019). Este efecto fue evidente en los últimos 30 min del protocolo de 90 min. Es importante destacar que se logró un mejor rendimiento sin pérdida de velocidad de pase, que se mantuvo mejor en el pie no dominante con la ingesta de carbohidratos. Esta observación es interesante porque es consistente con otros estudios en deportes como el tenis, donde los golpes no dominantes o con los lados más débiles (revés) responden positivamente a la ingesta de carbohidratos, especialmente cuando se está fatigado (McRae et al., 2012). La evaluación de acciones hábiles complejas en el lado no dominante puede requerir una mayor activación del sistema nervioso central (SNC) y por tanto ser más susceptible a la fatiga (Rodríguez-Giustiniani et al., 2019). Además, las acciones hábiles no dominantes pueden estar influenciadas más probablemente por el nivel de excitación del jugador (McMorris y Graydon, 1997). Por lo tanto, la evaluación de los lados no dominantes de los jugadores parece tener una mayor sensibilidad al consumo de carbohidratos, aunque es probable que el lado "no dominante" sea inferior en sus habilidades de desempeño.

INGESTA DE CARBOHIDRATOS Y FATIGA MENTAL

Un modelo reciente de fatiga inducida por tareas motoras o cognitivas propone que ningún factor es responsable de la disminución del rendimiento de las habilidades. En cambio, la fatiga se considera una condición psicofisiológica (Enoka et al., 2011). La fatiga motora

y la fatiga percibida son interdependientes, pero obedecen a varios determinantes y dependen de factores moduladores como la edad, el sexo y las características específicas de las habilidades (Behrens et al., 2022). La fatiga mental se define como un estado psicobiológico que se desarrolla durante una actividad cognitiva exigente y prolongada y que resulta en una sensación aguda de cansancio y/o una disminución de la capacidad cognitiva, así como cambios de humor (Habay et al., 2021; Roelands et al., 2022). La fatiga mental ha sido reconocida como una consideración clave en los deportes de equipo, debido al impacto negativo asociado en el rendimiento físico, técnico, táctico y la toma de decisiones (Smith et al., 2018). Los factores que contribuyen a la fatiga mental en entornos deportivos de equipo incluyen, entre otros; demandas cognitivas prolongadas, reuniones de equipo, viajes e incapacidad para "desconectarse" (Thompson et al., 2020; 2022). Para enfatizar el impacto potencial en el rendimiento, en una revisión (n=92) se encontró que la fatiga mental tiene una influencia negativa en el 37% de las habilidades específicas del fútbol (Habay et al., 2021).

Se recomienda monitorear la fatiga mental en los deportes de equipo para proporcionar un indicador de cómo los jugadores enfrentan las demandas de la competencia o el entrenamiento (Thompson et al., 2019). También se recomiendan estrategias para ayudar a evitar la fatiga mental, como limitar los desplazamientos, cambios en las rutinas y el entorno de entrenamiento y, por supuesto, un descanso y recuperación adecuados. Aumentar los carbohidratos en la dieta y al mismo tiempo mejorar la capacidad de ejercicio tanto en el entrenamiento como en la competencia también pueden contrarrestar la fatiga mental y cambiar el estado de ánimo (Achten et al., 1994; Killer et al., 2017). Si los jugadores se sienten bien en lugar de mal (placer-malestar) y llenos de energía (es decir, en estado de activación) antes y durante los partidos, entonces es más

probable que se desempeñen mejor (Acevedo et al., 1996; McMorris y Graydon, 1997). Backhouse y colegas informaron que la ingesta de carbohidratos elevó la activación percibida durante los últimos 30 minutos de un ejercicio de carrera intermitente de 120 minutos (Backhouse et al., 2007), y también atenuó la disminución del placer-malestar durante una sesión de ciclismo de 120 minutos (Backhouse et al., 2005). La administración de una escala de sensaciones (ES) y una escala de percepción del esfuerzo (EPE) permite medir no sólo “qué” (EPE) sino también “cómo” (ES) se siente una persona (Hardy y Rejeski, 1989), pero rara vez se administra durante estudios de habilidades o en entornos aplicados al fútbol.

En una revisión reciente se identificó que enjuagarse la boca y escupir una bebida con carbohidratos es una estrategia posible para evitar la fatiga mental (Proost et al., 2022). El reconocimiento de carbohidratos en la boca, cuando se administran inmediatamente después de una tarea mentalmente fatigante, se relacionó con una mayor excitabilidad de las vías corticomotoras (Bailey et al., 2021; Gant et al., 2010). Además, parece haber un vínculo directo entre las mejoras en la actividad específica de la tarea y la activación dentro de la corteza sensoriomotora primaria en respuesta a la señalización de carbohidratos orales (Turner et al., 2014). Estos resultados contribuyen a una posible explicación de la mejora del rendimiento en respuesta al enjuague bucal con una bebida con carbohidratos (ver Rollo y Williams, 2011).

Estas respuestas al consumo de carbohidratos pueden no ser sorprendentes teniendo en cuenta que la glucosa es el principal combustible para el cerebro y el sistema nervioso central (SNC) (Mergenthaler et al., 2013). El funcionamiento óptimo del cerebro y del SNC requiere que se mantenga la homeostasis de la glucosa durante una amplia gama de condiciones. Si la glucosa en sangre cae a concentraciones hipoglucemiantes, entonces el impulso neural hacia los músculos esqueléticos se verá comprometido, aunque la función se restablece después de la ingesta de carbohidratos (Nybo, 2003). Durante el ejercicio, la tasa de liberación de glucosa del hígado a la sangre aumenta para igualar la absorción de glucosa por parte del músculo en contracción (Wasserman, 2009). En la mayoría de los deportes de equipo, las concentraciones de glucosa en sangre se mantienen bien durante la competencia (~80-90 min) y el tiempo extra (120 min en fútbol) en individuos bien alimentados (Harper et al., 2016). Sin embargo, la ingesta de carbohidratos al inicio del ejercicio es una estrategia eficaz no sólo para recargar las reservas de glucógeno en el hígado y los músculos, sino también para inhibir temporalmente la liberación de glucosa hepática de una manera dependiente de la dosis, conservando así las reservas de glucógeno en el hígado (Jeukendrup et al., 1999). El consumo de carbohidratos, como medio para preservar la reserva finita de glucógeno hepático, mantendrá las concentraciones de glucosa en sangre y el rendimiento al final del ejercicio. Esta estrategia es particularmente beneficiosa cuando los partidos de fútbol llegan a la prórroga, lo que se está convirtiendo en algo común en las competiciones de copas internacionales importantes (Field et al., 2022; Mohr et al., 2023).

Es interesante la observación de que las concentraciones elevadas de glucosa en sangre se asocian con un mejor rendimiento de habilidades en comparación con la euglucemia (Ali & Williams, 2009;

Ali et al., 2007; Harper et al., 2017; Rodríguez-Giustiniani et al., 2019). No parece haber una explicación inmediata para esta observación, aparte de que la glucosa es un combustible para el cerebro (López-Gamero et al., 2019; van Praag et al., 2014). El cerebro es sensible a los cambios en la glucosa en sangre y, por lo tanto, la tasa de cambio puede actuar para monitorear la disponibilidad de reservas de carbohidratos en todo el cuerpo.

Fuente de carbohidratos	Consideraciones
Bebida Deportiva	Contribuye al plan de hidratación
Banana	Asegurarse que la fruta esté madura
Dulces/ Confitería	Verificar el contenido de carbohidratos. Asegurarse de que no se consuman en exceso por los jugadores sustitutos
Gel deportivo	Verificar el contenido de carbohidratos. Consumirlos con agua como parte del plan de hidratación
Galleta de arroz (x4)	Verificar el contenido de carbohidratos
Barra de cereal	Verificar el contenido de carbohidratos

Tabla 2: Ejemplos de opciones de alimentos que aportan aproximadamente 30 g de carbohidratos, recomendados antes, al medio tiempo y antes de cada período de tiempo extra. La ingesta de carbohidratos debe planificarse de acuerdo a la estrategia individualizada de hidratación de cada jugador

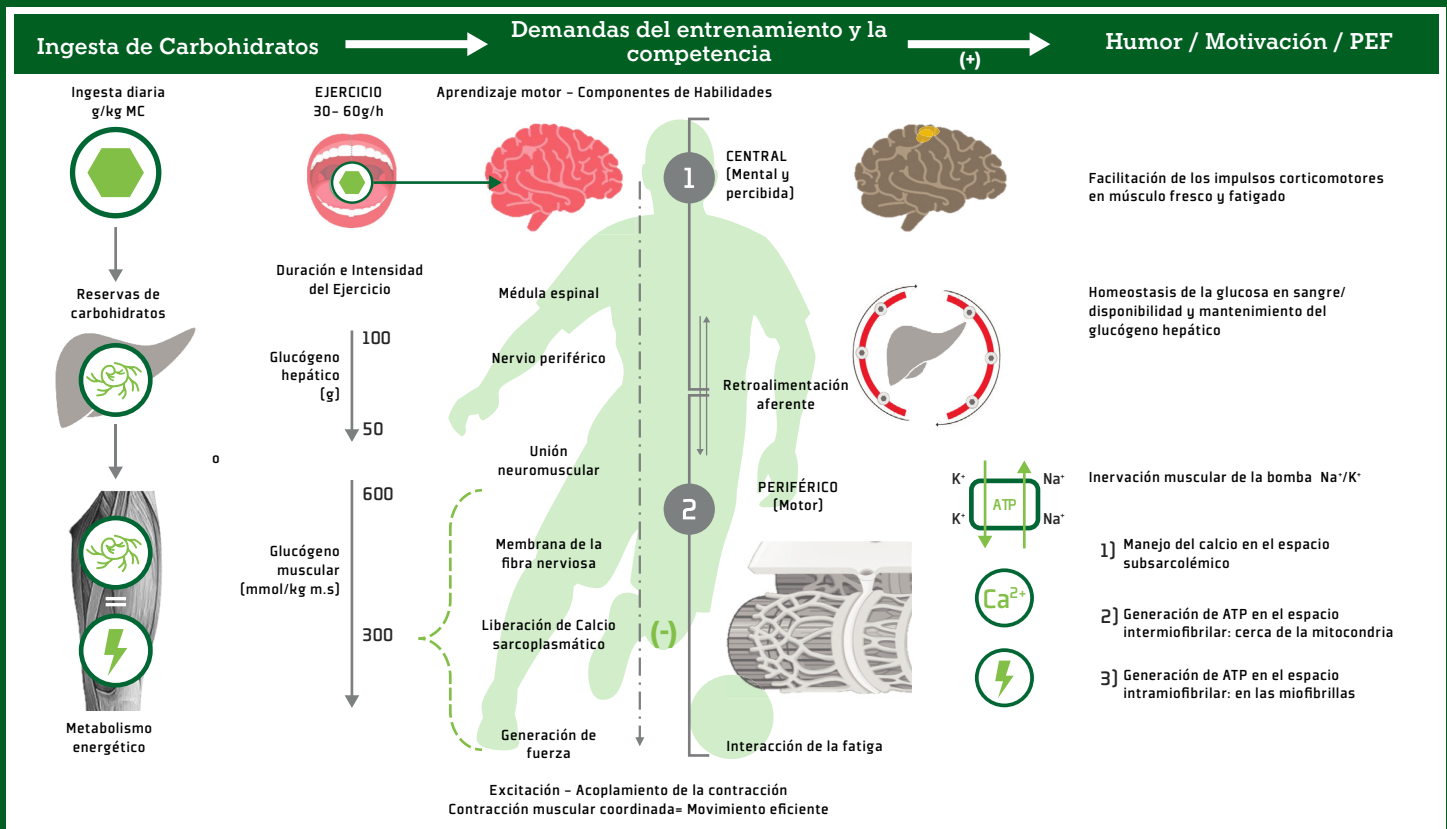


Figura 1: Traducción de pensamientos en acciones hábiles. La cadena electroquímica de eventos entre el cerebro y los músculos esqueléticos hace que la ingesta de carbohidratos pueda afectar la ejecución de las habilidades. MC = Masa corporal, RS = Retículo sarcoplásmico, Ca⁺ = Calcio, Na⁺/K⁺ = Bomba de Sodio/ Potasio, ATP = Trifosfato de adenosina. + = influencia positiva, - = influencia negativa. Estado de ánimo, motivación, EPE (Jeukendrup et al., 1999; Nybo, 2003; Turner et al., 2014), facilitación de los efectos corticomotores (Ali et al., 2007; Mohr et al., 2023), disponibilidad de glucosa en sangre, preservación de glucógeno en el hígado (Fuchs et al., 2016; González et al., 2016; Jeukendrup et al., 1999; Newell et al., 2018), Inervación muscular: manipulación del calcio en RS (Ortenblad et al., 2011), generación de ATP (Duhamel et al., 2007; Nielsen et al. 2011; Ortenbald et al., 2011). Figura tomada de Rollo y Williams (2023), con autorización.

RESUMEN Y APLICACIONES PRÁCTICAS

Los jugadores de fútbol experimentan, en diferentes grados, fatiga física y mental que puede impactar negativamente el desempeño de habilidades deportivas específicas. La Figura 1 resume la compleja serie de eventos entre el cerebro y el músculo esquelético que interactúan para minimizar el impacto de la fatiga física y mental en el desempeño de las habilidades durante el ejercicio, luego de la alimentación con carbohidratos. Es importante señalar que las recomendaciones sobre la ingesta de carbohidratos se pueden lograr a través de varias fuentes (Tabla 1). Se debe alentar a los jugadores a consumir diferentes alimentos para alcanzar los objetivos diarios de carbohidratos, mientras logran otros objetivos nutricionales importantes relacionados con las proteínas, la hidratación y las grasas. Cerca del ejercicio, la ingesta de 30g de carbohidratos se puede lograr consumiendo uno o varios alimentos, mezclados y combinados según las preferencias de los jugadores (Tabla 2).

Los autores reconocen y agradecen a todos los colegas y colaboradores previos y actuales. Ian Rollo es empleado del Gatorade Sports Science Institute, una división de PepsiCo, Inc. Las opiniones expresadas en este manuscrito son de los autores y no reflejan necesariamente la posición o política de PepsiCo Inc.

REFERENCIAS

- 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. Foskett (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. Muoy, 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.
- Bendixsen, 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. Bouloosa, G. Dupont, A. Lizarraga, P. Res, M. Bizzini, C. Castagna, C.M. Cowie, M. D'Hooghe, H. Geyer, T. Meyer, N. Papadimitriou, M. Vuillamoz, 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. Tassinon, 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. Poulos, D. Draganidis, K. Papanikolaou, P. Tsimeas, D. Batsilas, G. Loules, A. Batrakoulis, A. Sovatzidis, J.L. Nielsen, T. Tzatzakis, C.K. Deli, 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. Schröder, 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. Towilson, 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.

TRADUCCIÓN

Este artículo ha sido traducido y adaptado de: Ian Rollo and Clyde Williams. CARBOHYDRATE NUTRITION AND SKILL PERFORMANCE IN SOCCER. *Sports Science Exchange*, Vol. 36, No. 242, 1-6, 2023. por el M.Sc. Pedro Reinaldo García.