

“Recomendaciones generales de la suplementación de carbohidratos en la carrera de larga duración”

TFG: Revisión Bibliográfica.



NOMBRE: José Ramón González Lozano

TUTOR: Casto Juan Recio

Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Curso 2016/2017



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	4
2.1. Diseño del estudio.....	4
2.2. Criterios de inclusión de documentos.....	4
3. RESULTADOS	6
4. DISCUSIÓN.....	14
4.1. Suplementación con carbohidratos mediante bebidas energéticas.....	14
4.2. Riesgos.....	14
5. CONCLUSIONES	15
6. BIBLIOGRAFÍA.....	16



1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, todos los profesionales de la salud y el deporte conocen la importancia de llevar una buena alimentación para optimizar el rendimiento deportivo. Hasta finales del siglo XIX, se consideraba que las proteínas eran los nutrientes más importantes para producir energía, sin embargo, hoy en día nadie duda de que los carbohidratos y las grasas son los nutrientes más importantes durante el ejercicio de larga duración (Jeukendrup, 2013).

Los carbohidratos son unos macronutrientes muy importantes, cuya principal función es aportar energía al organismo, lo cual es indispensable para el mantenimiento del rendimiento en los deportes de resistencia. La ingestión de carbohidratos durante el ejercicio prolongado de más de 2 horas, evita la hipoglucemia, mantiene unos niveles elevados de oxidación de los carbohidratos y aumenta la capacidad de resistencia (Fielding, Costill, Fink, King, Hargreaves y Kovaleski, 1985; Maughan, Bethell y Leiper, 1996)

Una dieta rica en carbohidratos aumenta los depósitos de glucógeno muscular y, por tanto, mejora el rendimiento deportivo. En la literatura existen diversos estudios que muestran que la suplementación con carbohidratos disminuyen los tiempos de carrera en los deportes de larga duración (Miller-Sttaford, Warren, Thomas, Doyle, Snow y Hitchcock, 2005; Burke, Hawley, Wong y Jeukendrup, 2011).

Además, la suplementación con carbohidratos durante el ejercicio prolongado retarda significativamente la aparición de fatiga, esto se debe al mantenimiento de la glucosa sanguínea a niveles que permiten mantener un aporte energético adecuado a la musculatura implicada en la carrera (Sun, Wong, Chen y Poon, 2015).

La Organización Mundial de la Salud indica que la ingesta básica de carbohidratos en una persona normal debe ocupar aproximadamente el 55% de la dieta. La equivalencia entre las horas de actividad y cantidad de carbohidratos por kilogramo de peso se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1: Propuesta de ingesta de carbohidratos (CH) según horas de actividad física (Peinado, 2013)

HORAS DE ACTIVIDAD	CANTIDAD DE CARBOHIDRATOS (CH) NECESARIO
1 h/día	5/7 gr de CH por kilo de peso
2 h/día	7/8 gr de CH por kilo de peso
3 h/día	8/10 gr de CH por kilo de peso
4 h/día	10/11 gr de CH por kilo de peso

Además, también es importante que la ingesta de hidratos de carbono sea sobre todo de tipo complejo (polisacáridos), y que los azúcares simples no constituyan más del 5% de las calorías totales diarias (Jeukendrup, 2013).

Teniendo en cuenta estos datos, un deportista que practique carreras de larga duración y cuyos entrenamientos tengan una duración media de 4 horas podría llegar a necesitar más de 10 gr/kg de CH al día, pudiendo necesitar una suplementación con carbohidratos en el caso de que no pudiera consumirlos mediante su alimentación (Jeukendrup, 2013).

Como se ha comentado anteriormente, no solo es importante tener en cuenta la cantidad de carbohidratos que se ingieren durante el ejercicio, sino también el tipo de estos. El consumo de suplementos que contengan un tipo u otro influirá en su digestión, absorción y oxidación en el músculo (Jentjens y Jeukendrup, 2002)

Los hidratos de carbono pueden clasificarse en dos tipos: simples y compuestos.

Los hidratos de carbono simples o están compuestos por una molécula de glucosa (monosacáridos) o por dos (disacáridos), son digeridos rápidamente por el organismo debido a su estructura sencilla, aunque poseen un índice glucémico elevado, esto no quiere decir que sea malo, si no que depende del momento en el que lo tomemos. Es decir, estos tipos de hidratos de carbonos son mas necesarios tomarlo durante la carrera, ya que necesitamos energía rápidamente y estas pasan muy rápido a la sangre sin necesidad de ser digeridos, o también sería muy necesario tomarlo al finaliza la carrera o entrenamiento para rellenar los depósitos de glucógeno lo mas rápidamente posible (Maxwell, N.S. et al, 2009).

Los carbohidratos compuestos o polisacáridos, están formados por tres o más moléculas de glucosa, por tanto, tienen una digestión más lenta dado que el organismo debe convertirlos en hidratos simples para poder digerirlos, en este caso sería mas recomendable tomarlos unas 2-3 horas previas a la carrera, ya que son hidratos de carbono de índice glucémico bajo que se absorben mas lentamente, ya que necesitan ser digeridos, y liberan la glucosa de forma continuada para recargar lo depósitos de glucógeno (Maxwell, N.S. et al, 2009).

En la siguiente tabla se muestra los principales tipos de carbohidratos, así como algunos de los alimentos que los contienen.

Tabla 2: Tipos de Carbohidratos (Sloth B, et all., 2004)

CARBOHIDRATOS SIMPLES		CARBOHIDRATOS COMPLEJOS
Monosacáridos	Disacáridos	Polisacáridos
Glucosa Frutas y verduras	Sacarosa (Glucosa + Fructosa) Azúcar de mesa, miel, frutas y verduras.	Almidones (Amilosa+ amilopectina) Arroz, legumbres, cereales...
Fructosa Frutas, miel y verduras.	Lactosa (Glucosa + Galactosa) Leche	Glucógeno (Cadenas de glucosa)
Galactosa Compone la lactosa, no está sola en ningún alimento.	Maltosa (Glucosa + Glucosa) Cereales y cerveza	

Los estudios sobre la suplementación de carbohidratos durante el ejercicio cobran especial importancia a partir del año 2004 (Jeukendrup, 2013). De este modo, existen diversos estudios que nos muestran que el uso de carbohidratos durante las carreras de larga duración es muy importante para mejorar el rendimiento. (Chryssanthopoulos, Williams, Nowitz, Kotsiopoulou y Vleck, 2010; Pfeiffer, Cotterill, Grathwohl, Stellingwerff y Jeukendrup 2009). Sin embargo, también aparecen otros estudios con resultados contradictorios que nos dicen que no hay diferencias significativas en tomar carbohidratos o una sustancia placebo (Van Nieuwenhoven, Brouns y Kovacs, 2005). Además muchos de estos estudios, nos advierten que la toma de carbohidratos durante las tiradas de larga duración pueden provocar problemas estomacales por su mala digestión (Burke, Hawley, Wong y Jeukendrup, 2011; Miller-Stafford et al., 2005; Pfeiffer et al., 2009; 2012; Van Nieuwenhoven et al, 2005). Según Brouns y Beckers, (1993), estas malas digestiones pueden ser producidas por el exceso de carbohidratos ingeridos o por una mala absorción del mismo.

También el uso de diferentes tipos de carbohidratos que utilicen diferentes tipos de transportadores para su absorción intestinal durante el ejercicio, provoca que la tasa de oxidación sea mayor que si solo usamos un tipo de carbohidrato (Jentjens, Moseley, Waring, Harding y Jeukendrup, 2004), lo que aumentaría el rendimiento, al retrasar la fatiga (Jeukendrup et al., 2006; Pfeiffer et al, 2012; Rowlands, Thorburn, Thorp, Broadbent, y Shi, 2008; Wilson y Inghram, 2015). En este sentido, algunos estudios indican que la suplementación de carbohidratos combinados con suplementos proteicos crean beneficios aún mayores que si se toman de forma aislada (Betts, Williams, Duffy, Gunner, (2007); Breen, Tipton, Jeukendrup, 2010; Willougty, D., 2007) ya que ayudan al aumento del glucógeno muscular que suele tardar más de 24 horas, tiempo que parece incrementado cuando se consumen ambos suplementos combinados porque crea un pico de insulina, lo cual promueve la síntesis proteica, también reduce el agotamiento (Miller Statford et al, 2005), en general aumentan el rendimiento deportivo (Breen, Tipton y Jeukendrup, 2010)

Uno de los métodos más utilizados para la suplementación con carbohidratos son las bebidas deportivas, ya que proporcionan una rápida absorción y obtención de energía. Los objetivos principales de estas bebidas son aportar hidratos de carbono suficientes para mantener una concentración adecuada de glucosa en sangre, reponer electrolitos y reponer agua para evitar la deshidratación (Maxwell et al, 2009). La mayoría de estas bebidas aportan entre 80 y 350 kcal por litro y están compuestas por hidratos de carbono con alto índice glucémico (glucosa y sacarosa). Maxwell et al. (2009) indica que el contenido máximo de hidratos de carbono en cualquier suplemento proteico no debe superar el 9% (90 gramos por litro)

El objetivo principal de esta revisión sistemática es analizar los diferentes estudios que comparan el uso de suplementación de carbohidratos con agua, con placebo, combinados con otros suplementos o que comparan diferentes tipos de suplementos de carbohidratos, con el propósito de dar recomendaciones al deportista que le permitan mejorar su rendimiento en las carreras de larga duración.

2. METODOLOGÍA

2.1. Diseño del estudio

Para llevar a cabo la propuesta de intervención, se realizó una revisión sistemática siguiendo los criterios PRISMA (Preferred Reporting Items for Systemic Reviews and Meta-analyses) (Urrútia y Bonfill, 2010) de aquellos artículos relacionados con la suplementación de carbohidratos en las carreras de larga duración en la base de datos Pubmed, desde 2002 hasta la actualidad. La última búsqueda se realizó el 15 Junio de 2017.

Los términos y orden utilizado en PUBMED, para llevar a cabo la revisión, fueron los siguientes: (nutrition[Title/Abstract]) OR nutritional [Title/Abstract]) OR carbohydrate [Title/Abstract]) OR glucose [Title/Abstract]) OR supplement [Title/Abstract] OR maltodextrin [Title/Abstract]) AND (((endurance[Title/Abstract]) OR ultra-endurance[Title/Abstract]) OR long-distance[Title/Abstract]) AND (runners[Title/Abstract] OR running[Title/Abstract] AND (performance[Title/Abstract]))

2.2. Criterios de inclusión de documentos

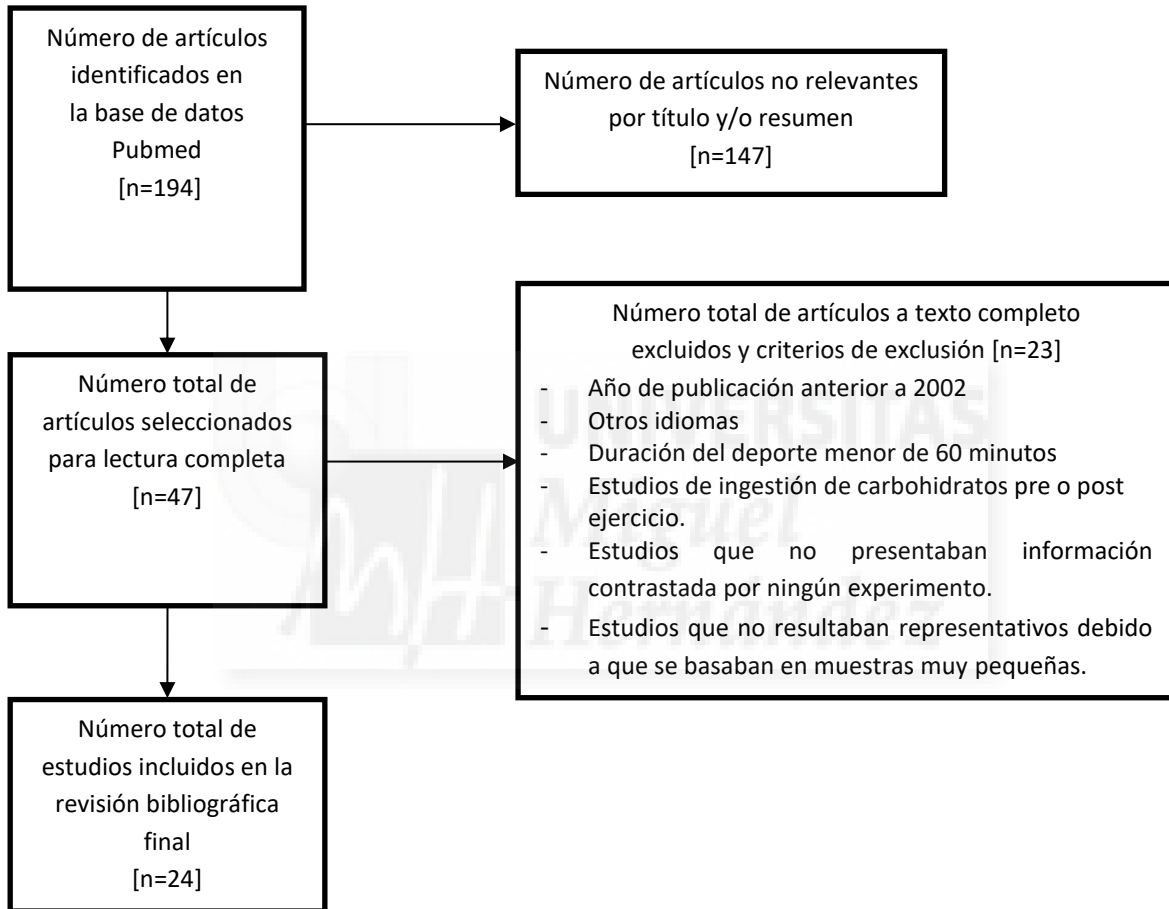
Los criterios de inclusión seguidos para realizar la búsqueda fueron:

- Año de publicación a partir del año 2002
- Idioma: Inglés
- Documentos de texto completo
- Estudios sobre deportes de larga duración, con una duración de más de 60 minutos.

- Estudios sobre ingestión de carbohidratos durante el ejercicio.

En primer lugar, se realizó una primera criba en la que se eliminaron aquellos artículos que por título y/o resumen no se relacionaban con el objetivo de la revisión. Posteriormente, se realizó una lectura completa para decidir la elección o no de los artículos. Finalmente, tras aplicar los criterios de inclusión que se han descrito anteriormente, se seleccionaron un total de 24 artículos.

Tabla 3: Diagrama de flujo PRISMA ilustrando los criterios de inclusión y exclusión de la revisión sistemática.



3. RESULTADOS

Estudios que comparan los efectos de las bebidas de carbohidratos con un volumen equivalente de agua

Tabla 4: Estudios que comparan los efectos de las bebidas de carbohidratos con un volumen equivalente de agua

Título	Autores	Muestra	Método	Test	Resultados	Conclusiones
The effect of a high carbohydrate meal on endurance running capacity.	Chryssanthopoulos et al (2002)	10 H	1 sesión	Ensayo cruzado aleatorizado en cinta de correr al 70% VO2 max	↓ agotamiento con la toma de CH que con agua	La suplementación con CH disminuye la sensación de agotamiento.
Oxidation of combined ingestion of glucose and fructose during exercise	Jetjens, R. et al. (2004)	10 H	1 sesión	Ensayo cruzado en carrera de ciclismo 120 minutos al 50%.	↑ tasa de oxigenación con la ingesta simultánea de GL+FR	Ingerir GL y FR de forma simultánea en ejercicios de larga duración aumenta las tasas de oxidación exógena. Mayor incomodidad estomacal en CH1.
The effect of two sports drinks and water on GI complaints and performance during an 18-km run.	Van Nieuwenhoven et al. (2005)	98 corredores (90H, 8 F)	1 sesión	Ensayo cruzado aleatorizado de 18km de contrarreloj	Tiempo de la tirada de CH1: 78:23, CH2: 78:03 (no significativo) ↑ molestia estomacal en CH1 y CH2 que W	El efecto de los diversos tipos de carbohidrato no produce diferencias significativas en los resultados. La suplementación con CH puede provocar molestias gastrointestinales.

The effect of carbohydrate gels on gastrointestinal tolerance during a 16-km run.	Pfeiffer, B. et al. (2009)	221 atletas de resistencia	1 sesión Competición	Ensayo cruzado aleatorizado en maratón y triatlón.	<p>↑ molestia estomacal en CH1.</p> <p>↑ rendimiento en CH1.</p>	La suplementación con CH mejora el rendimiento en deportes de resistencia y puede provocar molestia intestinal.
Nutritional intake and gastrointestinal problems during competitive endurance events	Pfeiffer, B et al. (2012)	8 H	1 sesión	Ensayo cruzado en carrera de ciclismo.	El nivel de oxidación es el mismo en CH1 y en CH2.	La eficacia entre gel y bebida es igual.

* CH = carbohidrato; FR = fructosa; GL = glucosa; H = hombres; km = kilómetros; M = mujeres; MAX = máximo; MD = maltodextrina; min = minutos; P = placebo; PR = proteína; T(1-2...) = tratamiento (1-2...); VO2 = volumen oxígeno; W = agua

Estudios que comparan los efectos de las bebidas de carbohidratos con un volumen equivalente de placebo

Tabla 5: Estudios que comparan los efectos de las bebidas de carbohidratos con un volumen equivalente de placebo

Título	Autores	Muestra	Método	Test	Resultados	Conclusiones
Carbohydrate loading and supplementation in endurance-trained women runners	Andrews et al. (2003)	8 corredores M	1 sesión	Carrera en cinta de correr de 24,2 km.	<p>CH: 132,5 min P: 136,6 min</p> <p>Molestias intestinales para los dos</p>	Se observan mejores resultados en el rendimiento y los tiempos con la suplementación con CH.

Recovery from run training: efficacy of a carbohydrate-protein beverage?	Miller-Stafford et al. (2005)	10 corredores M		Carrera de 32 km, con esfuerzo máximo los últimos 5 km.	Mejores resultados en sprint final en CH1 y CH2. Mayor molestia estomacal en CH1.	La suplementación con CH mejora los tiempos de carrera y puede producir malestar intestinal.
The influence of carbohydrate mouth rinse on self-selected speeds during a 30 min treadmill run	Rollo et al. (2008)	10 corredores H	1 sesión	Carrera en cinta 60 minutos.	↑ niveles de glucosa en sangre con CH	La suplementación con CH aumenta los niveles de glucosa en sangre.
The effect of carbohydrate ingestion on the interleukin-6 response to 90-minute run time trial.	Robson-Ansley et al. (2009)	7 corredores H	1 sesión	Carrera en cinta durante 90 min.	↑ distancia recorrida para CH que P (19,1 vs. 18,3 km, p = 0,002) ↑ niveles de glucosa en sangre tras el ejercicio en CH.	La suplementación con CH aumenta la distancia y mejora el rendimiento en carrera y aumenta la concentración de glucosa en sangre.

The effect of carbohydrate ingestion interleukin-6, hepcidin and iron concentrations following prolonged exercise	Robson-Ansley et al. (2010)	9 corredores H	1 sesión	Carrera en cinta rodante corriendo a 60% de velocidad de VO2max durante 120 min seguido de una prueba de tiempo de 5 km.	↑ km recorridos en CH que en P (13,2 vs. 12,3 km ch-1, p <0,01)	La distancia recorrida en carrera se ve aumentada gracias a la suplementación con CH.
Carbohydrates for training and competition. Journal of Sports Sciences	Burke et al. (2011)	18 corredores M	1 sesión	Carrera en media maratón.	Mejores resultados de tiempo en CH. 3 corredores con suplementación CH se quejaron de malestar intestinal.	La suplementación con CH mejora los tiempos de carrera y puede producir malestar intestinal.
Carbohydrate electrolyte solutions enhance endurance capacity in active females	Sun et al. (2015)	8 corredoras M	1 sesión	Carrera en cinta de correr hasta el agotamiento que funciona al 70% VO2.	↓ agotamiento en CH que en P Mismas molestias gastrointestinales ↑ concentración plasmática de glucosa en CH que en P.	La suplementación con CH disminuye el agotamiento y aumenta la concentración de glucosa en sangre.

* CH = carbohidrato; FR = fructosa; GL = glucosa; H = hombres; km = kilómetros; M = mujeres; MAX = máximo; MD = maltodextrina; min = minutos; P = placebo; PR = proteína; T(1-2...) = tratamiento (1-2...); VO2 = volumen oxígeno; W = agua

Estudios que comparan los efectos de las bebidas de carbohidratos combinados con otros suplementos, o que comparan diferentes tipos de suplementos de CH

Tabla 6: Estudios que comparan los efectos de las bebidas de carbohidratos con otros suplementos

Título	Autores	Muestra	Método	Test	Resultados	Conclusiones
Effect of a carbohydrate-protein supplement on endurance performance during exercise of varying intensity.	Ivy J.L. et al. (2003)	9 H	1 sesión	Entrenamiento de ciclismo.	<p>↑ rendimiento hasta el agotamiento en T1 (Suplemento CH)</p> <p>C2 (CH+PR) incrementa aún más los efectos de C1.</p>	La suplementación con CH+PR produce mejores resultados que la suplementación únicamente con CH.
Effects of a carbohydrate-protein beverage during endurance and muscle damage	Saunders et al. (2004)	15 H	1 sesión	Entrenamiento en cicloergómetro hasta la fatiga al 75% de VO2.	<p>↑ rendimiento en T2 (CH+PR)</p>	La suplementación combinada de CH+PR produce mejores rendimientos que la únicamente con CH.
Recovery from run training: efficacy of a carbohydrate-protein beverage?	Miller- Stafford et al. (2005)	8 corredores H	1 sesión	Carrera de 21 km con final a 90% VO2 max.	<p>↓ agotamiento en T1 (CH+PR)</p> <p>Rendimiento similar en T1 (CH+PR) y T2 (CH)</p>	<p>Tanto la suplementación con CH como con CH+PR producen mejoras en el rendimiento.</p> <p>La suplementación combinada de CH+PR reduce el agotamiento.</p>

The influence of carbohydrate and protein ingestion during recovery from prolonged exercise on subsequent endurance performance	Betts et al. (2007)	6 H	1 sesión	Carrera en cinta de correr durante 90 minutos al 70%	Mejores resultados en T1 (CH+PR)	La suplementación combinada de carbohidratos con proteínas aumenta el rendimiento deportivo en los entrenamientos de resistencia.
Effect of Carbohydrate–Protein on Cycling Performance and Indices of Recovery.	Breen et al. (2010)	12 H	1 sesión	Entrenamiento de 120 minutos en cicloergómetro, seguido de una prueba de 60 minutos para calcular el trabajo total realizada.	↑ rendimiento en T2 (CH+PR)	La suplementación combinada de carbohidratos con proteínas aumenta el rendimiento deportivo en los entrenamientos de resistencia.
Isocaloric carbohydrate versus carbohydrate-protein ingestion and cycling time-trial performance	Toone y Betts (2010)	12 triatletas H	1 sesión.	Carrera en cicloergómetro, final de 6 km a contrarreloj.	↑ rendimiento en T2 (CH+ PR)	La suplementación con CH+PR produce mejores resultados que la suplementación únicamente con CH.

Nutritional intake and gastrointestinal problems during competitive endurance events	Pfeiffer et al. (2012)	34 corredores	1 sesión	Carrera de 16 km.	No se observaron resultados significativos entre T1 (GL+FR 1g/min) y T2 (GL+FR1,4 g/min)	La suplementación combinada de GL+FR produce mejoras en el rendimiento deportivo y puede provocar molestias gastrointestinales.
The ingestion of protein with a maltodextrin and fructose beverage on substrate utilization and exercise performance	Tarpey et al. (2013)	7 triatletas H	1 sesión	Carrera en bicicleta al 50%, seguido de una prueba contrarreloj de 60 km.	↑ rendimiento en T2 (MD+FR+ PR)	La suplementación combinada de MD+FR+PR produce mejores rendimientos que la de MD+FR.
The influence of commercially-available carbohydrate and carbohydrate-protein supplements on endurance running performance in recreational athletes during a field trial	Coletta et al. (2013)	12 corredores H	1 sesión	Carrera de 19,2 km con sprint final de 1,92 km	Mejores resultados en los tratamientos que incluyen CH+PR que en placebo.	La suplementación tanto con CH como con CH+PR aumenta el rendimiento deportivo y no se encuentran diferencias entre ambas.

Glucose-fructose likely improves gastrointestinal comfort and endurance running performance relative to glucose-only	Wilson y Ingraham. (2015)	20 corredores H	1 sesión	Carrera de 120 minutos al 65%.	No hubo presencia de malestar gástrico. Resultados similares en T1 (FR+MD) y T2 (GL+MD)	La combinación de FR y GL con MD no parece producir malestar gastrointestinal y mejora en rendimiento en carrera.
---	---------------------------	--------------------	----------	--------------------------------	--	---

* CH = carbohidrato; FR = fructosa; GL = glucosa; H = hombres; km = kilómetros; M = mujeres; MAX = máximo; MD = maltodextrina; min = minutos; P = placebo; PR = proteína; T(1-2...) = tratamiento (1-2...); VO2 = volumen oxígeno; W = agua



4. DISCUSIÓN

4.1. Suplementación con carbohidratos mediante bebidas energéticas

En los estudios en que se compara la utilidad de bebidas con hidratos de carbono con otras bebidas, placebo o con agua, se observa que la suplementación con hidratos de carbono proporciona los siguientes beneficios: disminuye la sensación de agotamiento (Chryssanthopoulos et al., 2002; Miller-Staford et al., 2005), mejora los tiempos de carrera (Andrews et al., 2003; Betts et al., 2007; Breen et al., 2010; Burke et al., 2011; Coletta et al., 2013; Miller-Stafford et al., 2005; Pfeiffer et al., 2012; Robson-Ansley et al., 2010; Ivy et al., 2003; Saunders et al., 2004; Tarpey et al., 2013), aumenta la concentración de glucosa en sangre (Robson-Ansley et al., 2009; Rollo et al., 2008; Sun et al., 2015).

Como hemos podido observar en la mayoría de investigaciones donde comparan los efectos de las bebidas de carbohidratos, la suplementación combinada de carbohidratos con proteína produce mayores mejoras en el rendimiento que tomando solo un tipo de carbohidrato (Ivy et al., 2003; Saunders et al., 2004; Toone y Betts, 2010), 2 carbohidratos diferentes (Tarpey et al., 2013; Breen et al., 2010) o placebo (Coletta et al., 2013; Burke et al., 2011; Betts et al., 2007) provocando que aumenten los niveles de glucosa en sangre, lo cual ayuda a incrementar el tiempo de ejercicio de resistencia y mejora el rendimiento (Burke et al., 2011). Solo hemos podido observar en el estudio de Miller-Staford et al (2005), en el que comparan el uso de un carbohidrato con proteína y el uso solamente de un carbohidrato, que no hay diferencias significativas entre los grupos experimentales, aumentando el rendimiento de ambos de manera similar.

En los estudios de Pfeiffer et al (2012) y Wilson et al (2015) se pone de manifiesto que el uso combinado de varias fuentes de hidratos de carbono (en estos casos glucosa + fructosa) producen tasas de oxidación ligeramente más altas que pueden afectar de forma positiva al rendimiento deportivo. También en el estudio de Wilson y Ingraham (2015) se confirma que el uso de dos carbohidratos diferentes (en este caso fructosa + maltodextrina y glucosa + maltodextrina) aumenta el rendimiento con respecto a la utilización de uno solo. Esto parece ser que ocurre porque según el tipo de carbohidratos, se utilizan diferentes tipos de transportadores para su absorción en el intestino. Por ello, según Jentjens et al (2004) la glucosa se satura con una ingestión de 60 gramos por hora, por lo que si se ingiere a la vez con otro tipo de carbohidrato que tenga otro transportador (como la fructosa) se producen tasas de oxidación más altas.

4.2. Riesgos

Como hemos podido observar en varios de los estudios, el consumo de carbohidratos puede tener efectos dañinos, ya que en ocasiones se asocian con malestar gastrointestinal, lo que provoca un descenso del rendimiento en lugar de mejorarlo.

Jetjens, R. et al (2002) y Van Nieuwenhoven et al (2005) señalan la presencia de malestar estomacal al ingerir suplementación por carbohidratos, siendo las quejas más frecuentes la sensación de hinchazón, náuseas, eructos, flatulencias y urgencia de orinar y vomitar. En este sentido, Jetjens et al., (2004) y Pfeiffer et al., (2012) indica que este malestar es muy personal y depende de la duración del ejercicio, el nivel de hidratación del deportista, los factores ambientales, etc. Por lo tanto, todos estos factores deberían tenerse en cuenta cuando aparezcan problemas con la suplementación.

Por el contrario, Wilson y Ingraham (2015) y Toone y Betts (2010) indican que el uso de carbohidratos no provoca ningún malestar gastrointestinal. Muchos de los problemas de malestar gástrico derivados del consumo de suplementación con carbohidratos se deben a un contenido excesivo de carbohidratos en el producto (mayor al 8%) o a intolerancias digestivas del deportista (Miller-Stafford et al, 2005). Por ello, según Pfeiffer et al (2012) es muy importante tener en cuenta las necesidades nutricionales y las características personales del deportista.

5. CONCLUSIONES

Tras nuestra revisión, podemos concluir que el uso de la suplementación de carbohidratos en deportistas que realicen carreras de larga duración, puede resultar muy beneficioso siempre que se realice de manera adecuada. Por ello, es importante realizar un asesoramiento individualizado teniendo en cuenta todas las características del deportista y sus necesidades durante el ejercicio.

Los principales beneficios de la suplementación con carbohidratos en los deportistas que hemos podido observar son:

- Mejora el rendimiento físico en ejercicios de larga duración
- Aumenta el tiempo de carrera
- Mejora los tiempos de sprint
- Disminución de la percepción de fatiga
- Mejora en la recuperación post-ejercicio

Como hemos observado, la ingesta de carbohidratos durante el ejercicio en carreras de larga duración es mucho más efectiva si lo tomamos con diferentes tipos de carbohidratos que tengan diferentes transportadores para así producir la máxima tasa de oxidación de carbohidratos exógenos. Además, si lo acompañamos junto a soluciones proteicas, podemos aumentar aún más la tasa de oxidación y por ello generar mayores beneficios de rendimiento, retardando la aparición del agotamiento.

Por último, se ha visto que el uso de carbohidratos puede provocar problemas gastrointestinales y eso puede provocar que abandonemos una competición que estábamos preparando durante mucho tiempo. Por ello será necesario trabajar con el deportista probando en los entrenamientos los diferentes tipos de carbohidratos antes de la competición, hasta encontrar el equilibrio perfecto que maximice su rendimiento sin producirle malestar gastrointestinal.

Jeukendrup (2008) señala que la ingesta de hidratos de carbono durante los ejercicios de larga duración se pueden lograr consumiendo bebidas o geles durante el ejercicio y el uso de uno u otro estará basado en preferencias personales. El mismo autor indica que, sea cual sea la elección, siempre debe combinarse con un consumo apropiado de líquidos, ya que las soluciones de carbohidratos altamente concentradas reducen la absorción de líquidos (Jeukendrup, 2008).

En conclusión, el uso de suplementos de hidratos de carbono siempre debe ir acompañado de seguimiento profesional para que sea apropiado a las necesidades nutricionales personales, al somatotipo del individuo, a su metabolismo y sus condiciones médicas, a sus necesidades deportivas y a sus preferencias personales.

Pero nosotros como preparadores físicos, podemos asesorar a nuestro deportista recomendándole el uso de diferentes tipos de carbohidratos con diferentes transportadores además de complementos proteicos. También le recomendaríamos probarlo primero en los entrenamientos, antes de la competición, para ver si le puede producir algún malestar. Pero como se ha comentado, si queremos algo más detallado deberíamos acudir a un profesional de este ámbito.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Betts, J., Williams, C., Duffy, K. y Gunner, F. (2007). The influence of carbohydrate and protein ingestion during recovery from prolonged exercises on subsequent endurance performance. *Journal of Sport Sciences*, 25 (13), 1449-1460.
- Breen L., Tipton K.D., Jeukendrup A.E. (2010) Effect of Carbohydrate-Protein on Cycling Performance and Indices of Recovery. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(6), 1140-8.
- Brouns, F., Beckers, E. (1993). Is the gut an athletic organ? Digestion, absorption and exercise. *Sports Med*, 15 (4), 242-57
- Burke L.M., Hawley J.A., Wong S.H., Jeukendrup A.E. (2011) Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sport Sciences*; 29 (1), 17-27.
- Coletta, A., Thompson, D.L., and Raynor, H.A. (2013) The influence of commercially-available carbohydrate and carbohydrate-protein supplements on endurance running performance in recreational athletes during a field trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 10, 17
- Chryssanthopoulos, C., Williams, C., Nowitz, A., Kotsiopolou, C., Vleck, V. (2002) The effect of a high carbohydrate meal on endurance running capacity. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 12, 157-171.
- Ivy, J.L., Rest, P.T., Sprague, R.C, Widzer, M.O. (2003) Effect of a carbohydrate-protein supplement on endurance performance during exercise of varying intensity.
- Fielding, R. A., Costill, D. L., Fink, W. J., King, D. S., Hargreaves, M., & Kovaleski, J. E. (1985). Effect of carbohydrate feeding frequencies and dosage on muscle glycogen use during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17, 472-476.
- Jeukendrup, A.E., Moseley, L., Mainwaring, G.I., Samuels, S., Perry, S., Mann, CH. (2006). Exogenous carbohydrate oxidation during ultraendurance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 100 (4), 1134-41.
- Jeukendrup, A.E. (2008) Carbohydrate feeding during exercise. *European Journal of Sport Science*, 8, 77-86.
- Jeukendrup, A.E. (2013) Carbohydrate during exercise: research of last 10 years turned into new recommendations. *Apuntes: Educacion Fisica y Deportes*, 113, 7-22
- Jeukendrup, A.E. (2014) A steps to towards personalized sports nutrition: carbohydrate intake during exercise. *Journal of Sports Medicine*. 2014; 44: 1, 25-33.
- Jentjens, R., Jeukendrup, A.E. (2002) Oxidation of carbohydrate feeding during prolonged exercise. Current thoughts guidelines and directions for future research.
- Jentjens, R. L., Moseley, L., Waring, R. H., Harding, L. K., & Jeukendrup, A. E. (2004). Oxidation of combined ingestion of glucose and fructose during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 96, 1277-1284.
- Maughan, R. J., Bethell, L. R., & Leiper, J. B. (1996). Effects of ingested fluids on exercise capacity and on cardiovascular and metabolic responses to prolonged exercise in man. *Experimental Physiology*, 81, 847-859.
- Maxwell NS, McKenzie RW, Bishop D. (2009) Influence of hypohydration on intermittent sprint performance in the heat. *International Journal of Sports Physiology and Performance*; 4, 54-67.

- Miller-Sttaford, M., Warren, GL, Thomas, LM, Doyle, JA, Snow, T, Hitchcock, K. (2005) Recovery from run training: efficacy of a carbohydrate- protein beverage?
- Peinado, A., Rojo-Tirado, M. Y Benito, P. (2013). El azúcar y el ejercicio físico: su importancia en los deportistas. *Nutrición hospitalaria*; 28, 48-56.
- Pfeiffer, B., Stellingwerff, T., Zaltas, E., & Jeukendrup A. E. (2010) CHO oxidation from a CHO gel compared with a drink during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42, 2038- 2045.
- Pfeiffer, B, Cotterill, A, Grathwohl, D, Stellingwerff, T, and Jeukendrup, AE. (2009) The effect of carbohydrate gels on gastrointestinal tolerance during a 16-km run. *International Journal of Sport and Exercise Metabolism*, 19, 485-503.
- Pfeiffer, B., Stellingwerff, T., Hodgson, A. B., Randell, R., Poettgen, K., Res, P., & Jeukendrup, A. E. (2012). Nutritional intake and gastrointestinal problems during competitive endurance events. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 44(2), 344-351.
- Robson-Ansley, P., Barwood, M., Eglin, C., Ansley, L. (2009) The effect of carbohydrate ingestion on the interleukin-6 response to 90-minute run time trial. *Cytokine*, 53(2), 196-200.
- Robson-Ansley, P., Walshe, I., Ward, D. (2010) The effect of carbohydrate ingestion interleukin-6, hepcidin and iron concentrations following prolonged exercise.
- Rollo, I., Williams, C., Gant, N., Nute, M. (2008) The influence of carbohydrate mouth rinse on self-selected speeds during a 30-min treadmill run. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 18, 585–600.
- Saunders, M.J., Kane, M.D., Kent, M. (2004) Effects of a carbohydrate-protein beverage on cycling endurance and muscle damage. *Physical Fitness and Performance*, 4, 1233-1239.
- Sloth, B. Krog-Mikkelsen, I. Flint, A. Tetens, I. Björck, I. Vinoy, S. Elmståhl, H. Astrup, A. Lang, V. Raben, A. (2004). No difference in body weight decrease between a low-glycemic-index and a high-glycemic-index diet but reduced LDL cholesterol after 10-wk ad libitum intake of the low-glycemic-index diet. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 80, 337-47
- Sun, FH, Wong, SHS, Chen, SH, and Poon, TC. (2015) Carbohydrate electrolyte solutions enhance endurance capacity in active females. *Nutrients*, 7, 3739-3750
- Tarpey, M.D., Roberts, J.D., Kass, L.S., Tarpey, R.J. y Roberts M.G. (2013) The ingestion of protein with a maltodextrin and fructose beverage on substrate utilization and exercise performance. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 38 (12), 1245-1253.
- Toone, R.J. y Betts, J.A. (2010) Isocaloric carbohydrate versus carbohydrate-protein ingestion and cycling time-trial performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 20 (1), 34-43.
- Urrútia, G. Bonfill, X. (2010) PRISMA declaration: a proposal to improve the publication of systematic reviews and meta-analyses. *Medicina Clinica (Barc)*, 135 (11), 507-511.
- Van Nieuwenhoven, MA, Brouns, F, and Kovacs, EM. (2005) The effect of two sports drinks and water on GI complaints and performance during an 18-km run. *International Journal of Sports Medicine*, 26, 281-285.
- Wallis, G. A., Yeo, S. E., Blannin, A. K., & Jeukendrup, A. E. (2007). Dose-response effects of ingested carbohydrate on exercise metabolism in women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39, 131-138.
- Willougty, D. (2007) Effects of resistance training and protein plus amino acid supplementation on muscle anabolic, mass, and strength. *Amino Acids*, 32, 467-77.
- Wilson, P.B, and Ingraham, S.J. (2015) Glucose-fructose likely improves gastrointestinal comfort and endurance running performance relative to glucose-only. *Journal of Science and Medicine in Sports*, 25, 613-620.