

# Revista Española de Nutrición Humana y Dietética

Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics



CrossMark  
click for updates

www.renhyd.org



## REVISIÓN

### Estrategias de suplementación y función gastrointestinal en atletas de resistencia

Vivian Ximena Duarte<sup>a</sup>, Jaume Giménez-Sánchez<sup>b,\*</sup>

<sup>a</sup> Universidad de Barcelona, España.

<sup>b</sup> Nutritional Coaching, experts en nutrició, España.

\*[jaume@nutritionalcoaching.com](mailto:jaume@nutritionalcoaching.com)

Recibido el 5 de noviembre de 2014; aceptado el 10 de abril de 2015.

#### ➤ Estrategias de suplementación y función gastrointestinal en atletas de resistencia

#### PALABRAS CLAVE

Enfermedad gastrointestinal;  
Ejercicio;  
Deporte;  
Alimento;  
Fitoquímico;  
Probiótico.

#### RESUMEN

La prevalencia de síntomas gastrointestinales en el atleta de resistencia oscila entre el 25% y el 70%. Aunque se reconoce que la etiología del dolor abdominal durante el ejercicio es multifactorial, la redistribución del flujo sanguíneo y por lo tanto la isquemia gastrointestinal (GI) son frecuentemente reconocidos como los principales mecanismos fisiopatológicos mediante los cuales se altera la función de la barrera intestinal y en consecuencia se presentan los síntomas. Esta revisión evalúa los mecanismos fisiopatológicos que afectan la función de la barrera intestinal en consecuencia al ejercicio intenso y prolongado, y analiza diferentes nutrientes y/o fitoquímicos que pueden mejorar o mantener la función de la barrera intestinal en atletas de resistencia y ultrarresistencia en pedestrismo. Se analizan diferentes nutrientes que podrían mejorar la perfusión esplácnica durante el ejercicio, reducir o mejorar la disfunción de la pared gastrointestinal, encontrando que a pesar de que existen algunos estudios en el área, la evidencia científica no respalda su uso en población deportista.

## Supplementation strategies for gastrointestinal distress in endurance athletes

### KEYWORDS

Gastrointestinal disease;  
Exercise;  
Sports;  
Foods;  
Phytochemicals;  
Probiotics.

### ABSTRACT

The prevalence of gastrointestinal symptoms in the endurance athlete is about 25% to 70%. Even though it is recognized that the etiology of exercise-induced gastrointestinal distress is multifactorial, blood flow redistribution during physical activity and therefore gastrointestinal ischemia is often acknowledged as the main pathophysiology mechanism for the onset of symptoms. This review will provide an overview to the recent research on gastrointestinal function during strenuous exercise. In addition, we consider different nutritional interventions that could be evaluated for preventive or treatment interventions founding that ever though there is some research in the area, the scientific evidence does not support its use in athlete population.

### CITA

Duarte VX, Giménez-Sánchez J. Estrategias de suplementación y función gastrointestinal en atletas de resistencia. Rev Esp Nutr Hum Diet. 2015; 19(3): 167 - 174. DOI: 10.14306/renhyd.19.3.134

## INTRODUCCIÓN

Correr se ha convertido cada vez más en el deporte de elección en la población general. Como muestra, en Cataluña, en comparación entre el primer semestre de 2011 y el primer semestre de 2012, el aumento de corredores en 77 carreras se ha estimado en un promedio de 19% para todas las distancias. Por ejemplo, 12531 personas se inscribieron a la maratón de Barcelona en el año 2011 en comparación con 16216 en el año 2012, lo que corresponde a un 29% de aumento en esta distancia recorrida<sup>1</sup>. Entre los motivos de consulta frecuentes de los atletas de resistencia y ultraresistencia están las molestias gastrointestinales (GI) como náuseas, vómitos, dispepsia, cólico abdominal, urgencia de defecación, diarrea, heces con sangre e incluso colapso<sup>2,3</sup>. La relación entre los síntomas GI y la isquemia GI producida durante el ejercicio físico se encuentra aún bajo evaluación<sup>3,4</sup>. Estos síntomas GI inducidos por el ejercicio son atribuidos frecuentemente a desórdenes de la motilidad gastrointestinal, factores mecánicos y aumento en la secreción de hormonas como la adrenalina. Diversos autores han propuesto diferentes recomendaciones para contrarrestar los síntomas GI, entre los cuales se incluyen: cambios en

la planificación alimentaria, ciertas restricciones alimentarias –pre y durante la competición– y algunos suplementos nutricionales. A pesar de que existen revisiones aisladas<sup>5,6</sup>, faltan estudios que engloben toda la problemática. Ante la diversidad de recomendaciones que se prescriben para evitar estos problemas digestivos, nace la necesidad de revisar y consensuar toda esta información. La hipótesis de trabajo es que algunos nutrientes pueden ayudar a reducir las molestias gastrointestinales en este tipo de deportes.

El objetivo de esta revisión es valorar las posibles causas y soluciones nutricionales para las molestias GI producidas durante el ejercicio físico. Para ello, los investigadores han evaluado la literatura existente, revisando los nutrientes que podrían tener un efecto positivo en el funcionamiento de la pared intestinal y los nutrientes con influencia en la presencia de síntomas digestivos<sup>7-10</sup>.

Se realizó una revisión bibliográfica simple basada en la búsqueda de la literatura en bases de datos como Pubmed y Cochrane con los descriptores Mesh "Gastrointestinal Diseases", "Exercise", "Sports", "Food", "Phytochemicals" y "Probiotics". Se combinó el término no Mesh "Gut" con las demás palabras clave a través del conector AND. La búsqueda tuvo lugar durante los meses de abril y mayo de 2014, en

la que se obtuvieron 1036 resultados. Se incluyeron investigaciones en modelos *in vitro* o *in vivo*, escritos en español o inglés, relacionados con intervenciones nutricionales para reducir las consecuencias gastrointestinales producto del ejercicio intenso y prolongado. Se excluyeron investigaciones que describieran intervenciones nutricionales encaminadas a mejorar o mantener el rendimiento deportivo. Al aplicarse los criterios citados anteriormente, 27 estudios fueron seleccionados. Se añadieron 17 artículos encontrados por referencias cruzadas sumando en total 44 artículos.

## DISFUNCIÓN DE LA BARRERA GASTROINTESTINAL

### Flujo sanguíneo

Al inicio del ejercicio, impulsos de los centros motores cerebrales así como del músculo activo provocan un aumento en la actividad simpático-adrenal dependiente del ejercicio así como la liberación de hormonas pituitarias. Subsecuentemente, estos cambios controlan la secreción de las células endocrinas subordinadas lo que resulta en una depresión de la secreción de insulina, estímulo del sistema renina-angiotensina-aldosterona y aumento en la secreción de algunos péptidos relacionados con la homeostasis del tracto digestivo<sup>8</sup>. Este aumento en la actividad simpático-adrenal es de gran importancia para la adaptación cardiovascular, termorregulación y energía, causando una redistribución sanguínea a favor del músculo activo y de la piel<sup>8</sup>. Esto produce una disminución del flujo sanguíneo GI lo que podría provocar dolor abdominal durante o después de la competición<sup>9</sup>.

Wright y Col. en el 2011<sup>11</sup>, compararon cambios hemodinámicos en la arteria mesentérica superior (AMS) pre y poscarrera en 59 atletas Ironman, de los cuales el 59% mostraban síntomas GI vs. un 41% que eran asintomáticos. A pesar de que no reportaron una relación entre los síntomas gastrointestinales y la alteración en el flujo sanguíneo, describen una disminución significativa del diámetro en la AMS poscarrera y una disminución significativa en el índice de resistencia de la AMS y la arteria celíaca en ambos grupos evaluados. Además, algunos autores han encontrado que la redistribución del flujo sanguíneo aumenta con el ejercicio, llevando a una disminución del flujo sanguíneo de un 80% a intensidades del 70% del  $VO_2$ máx<sup>12</sup>.

Posteriores investigaciones en el área han concluyen que periodos cortos de carrera pueden provocar disfunción de la barrera intestinal bajo ciertas circunstancias; por ejemplo, se vio que correr durante 60 minutos al 70% del  $VO_2$ máx bajo condición de restricción de fluidos<sup>13</sup> o después del consumo de aspirina o ibuprofeno a dosis terapéutica 24 horas

precompetición<sup>14</sup>, resulta en un aumento significativo de la permeabilidad gástrica intestinal<sup>15</sup>.

En 1995, Kenney y Ho<sup>16</sup> realizaron un estudio en donde compararon la redistribución del flujo sanguíneo durante el ejercicio en bicicleta en jóvenes vs. adultos mayores (edad media 64 años), encontrando que la reducción en el flujo sanguíneo esplácnico era menor en adultos mayores en comparación con los jóvenes cuando las intensidades excedían el 60% del  $VO_2$ máx. Los autores sugieren como causa de estos hallazgos que la respuesta a catecolaminas disminuye a mayor edad.

Por lo tanto, el ejercicio extenuante predispone la mucosa GI a daño por isquemia, aumentando la permeabilidad de la pared gastrointestinal y la pérdida de sangre, provocando alteraciones de la microbiota protectora gastrointestinal y generando endotoxinas. A causa del ejercicio extenuante, se genera hipoxia en el epitelio intestinal, lo que produce una acidosis local y una disminución del ATP; estas condiciones promueven una alteración en la actividad de la bomba iónica, generando una apertura de las uniones estrechas intestinales, que consecuentemente perjudica la membrana del enterocito produciendo necrosis celular<sup>17</sup>.

### Hipertermia

Durante el ejercicio intenso, la hipertermia también parece tener un papel importante en la disfunción de la barrera GI. En el 2006, Doklandry y Col.<sup>18</sup> realizaron un estudio en células epiteliales Caco-2 con un modelo *in vitro* de epitelio intestinal para evaluar los efectos de la exposición a altas temperaturas en las uniones estrechas de la barrera intestinal, encontrando que la exposición de las monocapas de células Caco-2 a un moderado aumento de temperatura (37 a 41°C) resultaba en un aumento de la permeabilidad de estas uniones y que este efecto era creciente en relación al tiempo y la temperatura de estimulación de las células ( $p < 0,001$ ).

### Intensidad del ejercicio

En un estudio realizado por Steege y Col.<sup>3</sup> en donde evaluaron a 12 atletas con edad media de 29 años (15-46) y que referían síntomas gastrointestinales posejercicio en cicloergómetro por medio de tonometría, encontraron que la reducción del flujo gastrointestinal era menor a intensidades submáximas comparado con cargas máximas de ejercicio ( $p < 0,05$ ). Además, hallaron que la isquemia GI está presente en todos los atletas sintomáticos durante el ejercicio máximo y en el 50% durante un ejercicio submáximo.

### Radicales libres

El mecanismo real de la endotoxemia inducida por ejercicio aún no se comprende al detalle, pero sí se conoce su

asociación a la hipoxia tisular. La hipoperfusión GI induce alteraciones en la función de la barrera GI, lo que como consecuencia altera la permeabilidad del lumen intestinal a endotoxinas que están normalmente presentes en el intestino. Si el aumento de los radicales libres es mayor que la habilidad de neutralizarlos, estos radicales atacan los componentes celulares y en especial los lípidos; de esta forma, se inicia una reacción en cadena llamada peroxidación que lleva a la generación de más radicales y a especies reactivas de oxígeno (ROS) que pueden provocar daño a otros componentes celulares<sup>19</sup>. La endotoxemia, por lo tanto, ocurre cuando la isquemia intestinal inducida por ejercicio permite el paso de la lipopolisacaridasa intestinal desde el lumen intestinal hacia el torrente sanguíneo, iniciando así la liberación de citoquinas, provocando una respuesta inflamatoria deletérea para la función gastrointestinal<sup>20</sup>.

### Sangrado gastrointestinal

El trauma mecánico, la disminución del flujo sanguíneo, los antiinflamatorios no esteroideos (AINES) y la dieta contribuyen al sangrado gastrointestinal, gastritis y formación de úlceras, aunque este sangrado por lo general es oculto y transitorio. Sin embargo, se han documentado algunos casos en los que había un sangrado abundante de origen GI<sup>21</sup>.

En un estudio realizado por Choi y Col.<sup>22</sup> en donde 16 corredores de larga distancia fueron sometidos a endoscopia de vías digestivas posterior a una carrera de 20km, así como a colonoscopia en aquellos en quienes se reportó sangre oculta en heces previo o poscarrera, se obtuvo un aumento en prevalencia de daños en la mucosa gástrica desde gastritis, esofagitis o úlcera gástrica ( $p=0,00005$ ). Aunque los investigadores encontraron sólo 2 sujetos con sangrado intestinal en la exploración macroscópica, 5 presentaron anemia que no se pudo explicar por los daños encontrados en la mucosa GI. A pesar de que el sangrado gastrointestinal no se ha relacionado directamente a una disfunción de la barrera GI, el microtrauma producido por el ejercicio, los medicamentos y los hábitos nutricionales pueden provocar sangrado gastrointestinal, lo que puede producir como consecuencia alteraciones en la salud GI del deportista.

## ESTRATEGIAS DE SUPLEMENTACIÓN PARA MEJORAR LA PERFUSIÓN ESPLÁCNICA DEL ATLETA DE RESISTENCIA

### Glutamina, arginina y citrulina

La glutamina (Gln) es el aminoácido libre más abundante del organismo constituyendo el 25% del total de los

aminoácidos del fluido extracelular y más del 60% del contenido de aminoácidos libres del músculo esquelético. La concentración plasmática en ayunas de glutamina ( $p[Gln]$ ) es de 500-700 $\mu$ mol/l y es frecuentemente más alta en atletas, alcanzando concentraciones de 20mM. Durante el ejercicio extenuante,  $p[Gln]$  usualmente aumenta, debido probablemente a una liberación de glutamina a la circulación proveniente del músculo esquelético. Sin embargo,  $p[Gln]$  se ve substancialmente reducida por el ejercicio exhaustivo y prolongado, disminución que suele estar asociada a una relativa inmunodepresión transitoria<sup>23,24</sup>.

La Gln y sus derivados, como el  $\alpha$ -cetoglutarato, son conocidos por ser molecularmente cruciales en el metabolismo proteico, controlando el transporte de aminoácidos a través de la membrana<sup>25,26</sup>. Se ha visto que la Gln desempeña un papel importante en la vía arginina-óxido nítrico (NO), ya que puede ser convertido en citrulina, un precursor de la arginina. El NO es un gas lábil, liposoluble, sintetizado en las células endoteliales a partir del aminoácido L-arginina a través de la acción de la óxido nítrico sintasa. El estímulo fisiológico de la producción endotelial de óxido nítrico es la vasodilatación<sup>27</sup>. Estos hallazgos sugieren que un aumento del NO puede aumentar el flujo sanguíneo durante el ejercicio, sin embargo existe controversia en los resultados de la suplementación con arginina, glutamina y citrulina.

No se encontró ningún estudio que relacionara directamente la glutamina con un aumento del flujo gastrointestinal en atletas, aunque Mercier y Col. en el 2003<sup>28</sup>, tras realizar un estudio prospectivo, aleatorizado, doble-ciego en 21 neonatos prematuros sanos (27-35 semanas) evaluados por ultrasonido doppler, no encontraron beneficios significativos en el flujo sanguíneo intestinal con la administración enteral de glutamina. En adición a esto, Grimble y Col.<sup>29</sup> sugirieron que en estudios observacionales donde la absorción de la arginina y la lisina fueron evaluadas, a concentraciones superiores a 100mmol/L la absorción de los aminoácidos cesaba y ocurría una excesiva secreción de agua y electrolitos en el lumen intestinal.

En contraposición, un estudio cruzado doble-ciego desarrollado por Wijck y Col. en 2014<sup>30</sup> en donde realizaron una prueba en bicicleta a diez hombres durante 60 min a una intensidad del 70% de su carga máxima después de la administración de L-citrulina (10gr) o placebo (L-alanina), se evaluó la suplementación con citrulina como mecanismo de mejora de la perfusión esplácnica y disminución del daño intestinal por aumento de biodisponibilidad de la arginina, encontrando que la suplementación con L-citrulina aumenta la concentración plasmática de citrulina y arginina comparado con placebo ( $p<0,0001$ ). Por lo tanto, concluyeron que la toma preejercicio de L-citrulina podría preservar la perfusión esplácnica y atenuar el daño intestinal durante el ejercicio en comparación con el

placebo, probablemente aumentando la disponibilidad de arginina. Se ha mostrado que la citrulina puede aumentar la disponibilidad de arginina para la producción de óxido nítrico, sin embargo, continúa siendo un interrogante si la última puede aumentar el flujo sanguíneo esplácnico y reducir los síntomas gastrointestinales.

## ESTRATEGIAS DE SUPLEMENTACIÓN PARA REDUCIR O MEJORAR LA DISFUNCIÓN GASTROINTESTINAL E HIPERPERMEABILIDAD PRODUCIDA POR EL EJERCICIO DE RESISTENCIA

### Glutamina

La Gln es indispensable para ser oxidada por la mucosa intestinal como fuente importante de nitrógeno para el enterocito. Es el principal sustrato metabólico tanto para el enterocito maduro como para el que está en crecimiento, incluso comparado con la glucosa<sup>23,31</sup>.

En un experimento *in vitro* desarrollado por Vermeulen y Col. en 2011<sup>32</sup>, evaluaron los efectos de la glutamina y el glutamato en células Caco2.BBE y HT-29CL.19<sup>a</sup> a las cuales se les indujo hiperpermeabilidad. La aplicación de glutamina directa resultó en una disminución del 19% y 29% de la hiperpermeabilidad en las respectivas líneas celulares. Se ha considerado que la Gln puede estimular la función de los linfocitos y los macrófagos en los nódulos linfáticos mesentéricos que fueron suprimidos por irradiación. Además de esto, se ha sugerido que la Gln puede mejorar el sistema inmunitario intestinal normalizando los niveles de s-IgA, lo que resulta en una disminución de la adherencia de las bacterias al enterocito y por lo tanto una menor permeabilidad intestinal a las bacterias<sup>23</sup>.

A pesar de que diversos estudios *in vitro* han encontrado que la suplementación con glutamina podría ser efectiva en casos de trauma, síndrome de intestino irritable, inmadurez intestinal, enterocolitis necrotizante, enteritis infecciosa, síndrome de intestino corto, daño de la mucosa posquimioterapia o radioterapia, síndromes de inmunodeficiencia, o cáncer, no se encontraron estudios *in vivo* que relacionaran estos resultados<sup>23</sup>.

### Antioxidantes

Estudios recientes en modelos humanos y animales sugieren que la suplementación con antioxidantes puede tener efectos benéficos para prolongar la vida; sin embargo, en una revisión sistemática realizada por Bjelakovic y Col. en el 2012<sup>33</sup> encontraron que cuando se suministraban a

personas sin deficiencia de los mismos, el betacaroteno y la vitamina E, simple o combinados con otro suplemento antioxidante, existía un aumento significativo de la mortalidad, (RR 1,05; 95% CI 1,01 a 1,09) y (RR 1,03; 95% CI 1,00 a 1,05 respectivamente), mientras que la vitamina A (RR 1,07; 95% CI 0,97 a 1,18) y la vitamina C (RR 1,02; 95% CI 0,98 a 1,07) no mostraron afectar significativamente a la mortalidad. Actualmente existe un creciente interés en la suplementación con vitamina D por parte del deportista ya que algunos resultados sugieren que existe una deficiencia sobre todo en atletas que practican deporte bajo techo<sup>11</sup>. A pesar de esto, es importante mencionar que se ha visto que si un atleta mantiene una alimentación acorde a sus necesidades energéticas y nutricionalmente equilibrada, es poco probable que se produzca una deficiencia<sup>34</sup>.

GP Lambert apuntó en su revisión de 2009, sobre la alteración de la barrera gastrointestinal y sus efectos inflamatorios, que la hipoperfusión intestinal provocada por un ejercicio prolongado puede resultar en estrés oxidativo y nitro-oxidativo, lo que a su vez puede provocar daño celular y apertura de las uniones estrechas intestinales<sup>15</sup>. No queda muy claro si en realidad el ejercicio demanda una mayor ingesta de antioxidantes además de los provenientes de la dieta<sup>19</sup>. El organismo parece ser capaz de soportar un incremento limitado de radicales libres, de hecho algunos datos sugieren que es necesario un aumento en las especies oxígeno-reactivas (ROS) para que ocurra una adaptación muscular al ejercicio<sup>35,36</sup>. Aunque no se encontraron estudios que evaluaran la relación entre la suplementación de antioxidantes y función gastrointestinal en atletas, diversos autores sugieren que un aumento en la producción de ROS puede ser deletérea para la función gastrointestinal y por lo tanto sugieren que los deportistas en riesgo deberían llevar un control frecuente de los niveles de vitaminas y determinar si se pueden beneficiar de la suplementación<sup>35,37</sup>.

### Polifenoles

Los polifenoles son una clase de compuestos estructurales naturales caracterizados por la presencia de largas unidades estructurales de fenol<sup>38</sup>. En general, los estudios *in vitro* en relación a la función de los polifenoles se han desarrollado sobre un solo flavonoide, haciendo difícil su evaluación. Además, la mayoría de los estudios epidemiológicos y de intervención en humanos se ha centrado básicamente en su capacidad antioxidante. Los flavonoides son capaces de atacar los radicales libres principalmente por sus propiedades de reducción de los múltiples grupos hidroxilo y su habilidad para relocalizar el radical resultante en su estructura para generar un radical fenoxilo relativamente estable<sup>39</sup>. En un estudio piloto, cruzado, aleatorizado, doble-ciego, placebo controlado de 12 adultos con edades comprendidas entre 19 y 52 años, se observó un aumento

del suero antioxidante 1 y 2 horas posteriores al consumo de una bebida rica en antioxidantes así como la inhibición de la peroxidación lipídica 2 horas después de su consumo<sup>40</sup>. Diferentes estudios *in vitro* y en modelos animales sugieren que diferentes flavonoides como la quercitina, rutina, hisperidina y morina mejoran la función colónica absorbiva en animales con alteraciones en el colon<sup>41</sup>.

A pesar de esto, la biodisponibilidad humana de los flavonoides es todavía un tema de investigación. Algunos datos indican que solamente una porción del compuesto es absorbido y detectado en plasma y orina<sup>40</sup>; por lo que puede influenciar las características de solubilidad y por lo tanto determinar su habilidad para cruzar las membranas biológicas y su capacidad de distribución entre los diferentes compartimentos de la célula. Aunque los flavonoides parecen tener una capacidad antioxidante, mejorando la respuesta inflamatoria y la función de absorción del colon<sup>38,40,41</sup>, posteriores investigaciones pueden ser útiles para clarificar la dosis adecuada, la biodisponibilidad y en consecuencia la función en el intestino humano.

### Prebióticos y probióticos

Los prebióticos se definen como "ingredientes de los alimentos que están compuestos por oligosacáridos que no son digeribles por el huésped y que tienen un efecto benéfico en la salud del huésped por medio de estimulación selectiva y/o actividad sobre miembros específicos de la microbiota intestinal"<sup>42</sup>. Diferentes investigadores han señalado que los prebióticos podrían mejorar la respuesta inmune, modificar la microbiota y aumentar las bifidobacterias; para que funcionen más efectivamente, los prebióticos deben resistir el proceso de digestión en el estómago, modulando y protegiendo el intestino de bacterias patógenas y promoviendo la salud intestinal<sup>43</sup>. Sin embargo, un factor a tener en cuenta es que, cuando se administran altas dosis, se ha visto que los prebióticos pueden tener efectos indeseables como son los gases causados por la fermentación<sup>44</sup>.

Los probióticos son alimentos con microorganismos vivos adicionados que han demostrado tener un efecto ante el daño GI, el síndrome de intestino irritable y la diarrea<sup>45,46</sup>. Diversos autores proponen que los probióticos pueden tener un efecto benéfico intestinal aumentando la secreción de mucina e inmunoglobulina A, aumentando la estabilidad de las uniones estrechas entre las células epiteliales, inhibiendo la proliferación de bacterias patógenas y compitiendo con los sitios de unión de estas bacterias en las células epiteliales<sup>47</sup>.

Para observar el efecto de los probióticos en la función intestinal, en un estudio doble-ciego placebo controlado realizado por Karczewski y Col. en el 2010<sup>48</sup>, en donde tomaron 7 sujetos sanos a quienes suministraron un preparado

de *Lactobacillus plantarum* a concentración de  $10^{12}$  por tubo naso-intestinal durante 6 horas con posterior biopsia intestinal, encontraron que las proteínas zonula occludens-1 y ocludina transmembrana (proteínas que forman el sello paracelular entre las células del epitelio) aumentaron significativamente ( $p < 0,05$ ) en comparación con el grupo placebo. En este mismo estudio confrontaron los hallazgos *in vivo* con la administración *in vitro* a células Caco-2 en igual dosis de *Lactobacillus plantarum* encontrando un aumento significativo de la proteína zonula occludens ( $p < 0,05$ ) pero no de la ocludina como en el caso de las muestras obtenidas por biopsia. Los autores concluyeron que, aunque la administración de *Lactobacillus plantarum* puede proveer un efecto protector en la mucosa intestinal, otros factores pueden contribuir a este efecto, particularmente *in vivo*. En apoyo a esta teoría, Lamprecht y Col. en el 2012<sup>49</sup> realizaron un estudio aleatorizado, doble ciego, placebo controlado en 23 sujetos entrenados pre y posejercicio en donde los sujetos recibieron un compuesto multiespecies de probióticos durante 14 semanas para estimar fugas intestinales al inicio y al final del tratamiento, mediante la estimación en heces de zonulina y  $\alpha$ -antitripsina, encontrando que, el tratamiento con probióticos disminuía la zonulina en heces, un marcador que podría indicar una mejora en la permeabilidad intestinal y afectar positivamente a la oxidación de proteínas, en comparación con el grupo placebo ( $P = 0,019$ ).

Sin embargo, actualmente la EFSA (European Food Safety Authority)<sup>50</sup> no establece como declaración de salud que los probióticos (*Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium infantis*, *Bifidobacterium bifidum*) ayuden a mantener una adecuada función del tracto digestivo y/o la barrera intestinal argumentando que no existe suficiente evidencia científica que apoye esta afirmación.

## CONCLUSIONES

Múltiples factores pueden intervenir en la función del tracto GI durante el ejercicio intenso y prolongado realizado a pie (maratón, ultramaratón, marcha, etc.), entre los cuales están la hipertermia, minoría de edad, intensidad del ejercicio y la teoría más aceptada que se refiere a una disminución significativa del flujo sanguíneo gastrointestinal durante el ejercicio físico. Esto puede causar diferentes alteraciones que pueden resultar en disfunción de la barrera gastrointestinal y por lo tanto en sintomatología durante o después de la competición.

Diferentes nutrientes y/o fitoquímicos se han estudiado hasta ahora en sujetos sanos y enfermos que podrían mejorar la función gastrointestinal, aunque a la vista de los resultados obtenidos a partir de la presente revisión, no existen

datos científicos suficientes para recomendar su uso durante la competición. La glutamina, arginina y citrulina pueden aumentar la producción de óxido nítrico, lo que genera vasodilatación, posiblemente mejorando el flujo sanguíneo intestinal; sin embargo, no se ha encontrado una relación directa entre la producción de óxido nítrico y la disminución de síntomas gastrointestinales. El uso de suplementos nutricionales como prebióticos y probióticos puede ser benéfico para mantener o mejorar la calidad de la pared intestinal, futuros estudios en esta área pueden proveer claridad sobre los potenciales efectos preventivos y terapéuticos de las intervenciones realizadas con este propósito. Pocos estudios evalúan el uso de suplementos nutricionales como estrategia para disminuir los problemas gastrointestinales derivados de la realización de ejercicio de resistencia y ultrarresistencia, y hasta el momento no existe suficiente evidencia científica que apoye una mejora en la función gastrointestinal.

Los autores concluyen que la literatura acerca del tema es aún escasa, los estudios realizados en humanos se han efectuado en gran medida con pacientes enfermos y pocos se han hecho en población deportista. Existe amplia bibliografía basada en modelos animales que aún debe ser comprobada en humanos. Por este motivo, es necesario realizar mayor investigación con deportistas en activo.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores de este artículo agradecen la cooperación de Alba Meya Molina, por su colaboración en la revisión de la metodología.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores manifiestan la no existencia de conflictos de intereses al redactar el manuscrito.

## BIBLIOGRAFÍA

- Pucurull PD. Corredors.cat. [portal en internet]. Josepserra.com; marzo 2012. [actualizado febrero 2012; citado en abril 2014]. Disponible en: [http://www.corredors.cat/index.php?option=com\\_jfusion&Itemid=91&jfile=index.php&topic=12706.msg710445#msg710445](http://www.corredors.cat/index.php?option=com_jfusion&Itemid=91&jfile=index.php&topic=12706.msg710445#msg710445)
- Peters HP, Bos M, Seebregts L, Akkermans LM, van Berge Henegouwen GP, Bol E, et al. Gastrointestinal symptoms in long-distance runners, cyclists, and triathletes: prevalence, medication, and etiology. *Am J Gastroenterol.* 1999; 94: 1570-81.
- ter Steege RW, Geelkerken RH, Huisman AB, Kokman JJ. Abdominal Symptoms During Physical Exercise and the Role of Gastrointestinal Ischaemia: A study in 12 symptomatic athletes. *Br J Sports Med.* 2012; 46(13): 931-5.
- Moses FM. Exercise-associated intestinal ischemia. *Curr Sports Med Rep.* 2005; 4(2): 91-5.
- de Oliveira EP, Burini RC, Jeukendrup A. Gastrointestinal complaints during exercise: prevalence, etiology, and nutritional recommendations. *Sports Med.* 2014; 44(Suppl 1): S79-85.
- Stuempfle KJ, Hoffman MD, Hew-Butler T. Gastrointestinal distress in ultramarathoners is associated with race diet. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2013; 23: 103-9.
- Oliveira EP, Jeukendrup A. Nutritional recommendations to avoid gastrointestinal complaints during exercise. *Sports Sci Exch.* 2013; 26(114): 1-4.
- Oliveira EP, Burini RC. The impact of Physical Exercise on the Gastrointestinal Tract. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2009; 12(5): 533-8.
- Van Wijck K, Lenaerts K, Grootjans J, Wijnands KA, Poeze M, van Loon LJ, et al. Physiology and pathophysiology of splanchnic hypoperfusion and intestinal injury during exercise: strategies for evaluation and prevention. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol.* 2012; 303(2): G155-68.
- Netter FH. Atlas of Human Anatomy. 6.a. ed. Saunders an Imprint of Elsevier Inc. 2014.
- Wright H, Collins M, Villiers RD, Schewellnus MP. Are Splanchnic Hemodynamics Related to the Development of Gastrointestinal Symptoms in Ironman Triathletes? A Prospective Cohort Study. *Clin J Sport Med.* 2011; 21(4): 337-43.
- Rehrer NJ, Smets A, Reynaert H, Goes E, De Meirleir K. Effect of exercise on portal vein blood flow in man. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33(9): 1533-7.
- Lambert GP, Lang J, Bull A, Pfeifer PC, Eckerson J, Moore G, et al. Fluid restriction increases GI permeability during running. *Int J Sports Med.* 2008; 29(3): 194-8.
- Lambert GP, Boylan M, Laventure JP, Bull A, Lanspa S. Effect of aspirin and ibuprofen on GI permeability during exercise. *Int J Sports Med.* 2007; 28(9): 722-26.
- Lambert GP. Stress-induced gastrointestinal barrier dysfunction and its inflammatory effects. *Journal of Animal Science.* 2009; 87(14): E101-8.
- Kenney WL, Ho CW. Age alters regional distribution of blood flow during moderate-intensity exercise. *J Appl Physiol.* 1995; 79(4): 1112-9.
- Smetanka RD, Lambert GP, Murray R, Eddy D, Horn M, Gisolfi CV. Intestinal permeability in runners in the 1996 Chicago marathon. *Int J Sport Nutr.* 1999; 9(4): 426-33.
- Dokladny K, Moseley PL, Ma TY. Physiologically relevant increase in temperature causes an increase in intestinal epithelial tight junction permeability. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol.* 2006; 290(2): G204-12.
- Urso ML, Clarkson PM. Oxidative stress, exercise, and antioxidant supplementation. *Toxicology.* 2003; 189(1-2): 41-54.

20. Asthon T, Young IS, Davison GW, Rowlands CC, McEneny J, Van Blerk C, et al. Exercise-induced endotoxemia: The effect of Ascorbic Acid supplementation. *Free Radic Biol Med.* 2003; 35(3): 284-91.
21. Waterman JJ, Kapur R. Upper gastrointestinal issues in athletes. *Curr Sports Med Rep.* 2012; 11(2): 99-104.
22. Choi SC, Choi SJ, Kim JA, Kim TH, Nah YH, Yazaki E, et al. The role of gastrointestinal endoscopy in long-distance runners with gastrointestinal symptoms. *Eur J Gastroenterol Hepatol.* 2001; 13(9): 1089-94.
23. Filip R, Pierzynowski SG. The role of glutamine and  $\alpha$ -ketoglutarate in gut metabolism and the potential application in medicine and nutrition. *J Preclin Clin Res.* 2007; 1(1): 9-15.
24. Newsholme P, Krause M, Newsholme EA, Stear SJ, Burke LM, Castell LM. BJSM reviews: A to Z of nutritional supplements: dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance-Part 18. *Br J Sports Med.* 2011; 45(3): 230-2.
25. Bonet A, Grau T. La glutamina, un aminoácido casi indispensable en el enfermo crítico. *Med Intensiva.* 2007; 31(7).
26. Wernerman J, Hammarqvist F. Glutamine: a necessary nutrient for the intensive care patient. *Int J Colorectal Dis.* 1999; 14(3): 137-42.
27. Green DJ, Maiorana A, O'Driscoll G, Taylor R. Effect of exercise training on endothelium-derived nitric oxide function in humans. *J Physiol.* 2004; 561(1): 1-25.
28. Mercier A, Eurin D, Poulet-Young V, Marret S, Dechelotte P. Effect of enteral supplementation with glutamine on mesenteric blood flow in premature neonates. *Clin Nutr.* 2003; 22(2): 133-7.
29. Grimble GK. Adverse Gastrointestinal Effects of Arginine and Related Amino Acids. *J Nutr.* 2007; 137(6): 1693S-701S.
30. Van Wijck K, Wijnands KA, Meesters DM, Boonen B, van Loon LJ, Buurman WA, et al. L-citrulline Improves Splanchnic Perfusion and Reduces Gut Injury during Exercise. *Med Sci in Sports Exerc.* 2014; 46(11): 2039-46.
31. Larson SD, Li J, Chung DH, Evers BM. Molecular mechanisms contributing to glutamine-mediated intestinal cell survival. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol.* 2007; 293(6): G1262-71.
32. Vermeulen MA, de Jong J, Vaessen MJ, van Leeuwen PA, Houdijk AP. Glutamate reduces experimental intestinal hyperpermeability and facilitates glutamine support of gut integrity. *World J Gastroenterol.* 2011; 17(12): 1569-73.
33. Bjelakovic G, Nikolova D, Gluud LL, Simonetti RG, Gluud C. Antioxidant supplements for prevention of mortality in healthy participants and patients with various diseases. *Cochrane Database of Syst Rev.* 2012; 3.
34. Powers SK, Jackson MM. Exercise-Induced Oxidative Stress: Cellular Mechanisms and Impact on Muscle Force Production. *Physiol Rev.* 2008; 88(4): 1243-76.
35. Jackson MJ. Free radicals in skin and muscle: damaging agents or signals for adaptation? *Proc Nutr Soc.* 1999; 58(3): 673-6.
36. Powers S, Nelson WB, Larson-Meyer E. Antioxidant and Vitamin D supplements for athletes: Sense or nonsense? *J Sports Sci.* 2011; 29(1): 47-55.
37. Muñoz ME, Galan AI, Palacios E, Diez MA, Muguerza B, Cobaleda C, et al. Effect of an antioxidant functional food beverage on exercise-induced oxidative stress: A long-term and large-scale clinical intervention study. *Toxicology.* 2010; 278(1): 101-11.
38. Myburgh KH. Polyphenol Supplementation: Benefits for Exercise Performance or Oxidative Stress? *Sports Med.* 2014; 44(1): 57-70.
39. Marshall JC. The gut as a potential trigger of exercise induced inflammatory responses. *Can J Physiol Pharmacol.* 1998; 76: 479-84.
40. Gonzalez-Gallego J, Garcia-Mediavilla MV, Sanchez-Campos S, Tuñón MJ. Fruit polyphenols, immunity and inflammation. *Br J Nutr.* 2010; 104(3): 15-27.
41. Ballester I, Camuesco D, Galvez J, F Sanchez de Medina F, Zarzuelo A. Flavonoides y enfermedad inflamatoria intestinal. *Ars Pharm.* 2006; 46(1): 5-21.
42. Vieira AT, Teixeira MM, Martins FS. The role of probiotics and prebiotics in inducing gut immunity. *Front Immunol.* 2013; 4(445).
43. Ramirez-Farias C, Slezak K, Fuller Z, Duncan A, Holtrop G, Louis P. Effect of inulin on the human gut microbiota: stimulation of *Bifidobacterium adolescentis* and *Faecalibacterium prausnitzii*. *Br J Nutr.* 2009; 101(4): 541-50.
44. Macfarlane GT, Steed H, Macfarlane S. Bacterial metabolism and health-related effects of galacto-oligosaccharides and other prebiotics. *J Appl Microbiol.* 2008; 104(2): 305-44.
45. Australian Sports of Nutrition. AIS Sports Supplement Program Website Fact Sheet: Probiotics [portal en internet]. Australian Sports Commission, 2012 [citado abril 2014]. Disponible en: <http://www.ausport.gov.au/ais/nutrition/supplements/classification>
46. Simons SM, Kennedy RG. Gastrointestinal Problems in Runners. *Curr Sports Med Rep.* 2004; 3(2): 112-6.
47. Shing CM, Peake JM, Lim CL, Briskeby D, Walsh NP, Fortes MB, et al. Effects of probiotics supplementation on gastrointestinal permeability, inflammation and exercise performance in the heat. *Eur J Appl Physiol.* 2014; 114(1): 93-103.
48. Karczewski J, Troost FJ, Konings I, Dekker J, Kleerebezem M, Brummer RJ, et al. Regulation of human epithelial tight junction proteins by *Lactobacillus plantarum* in vivo and protective effects on the epithelial barrier. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol.* 2010; 298(6): G851-9.
49. Lamprecht M, Bogner S, Schipfinger G, Steinbauer K, Fankhauser F, Hallstroem S, et al. Probiotic supplementation affects markers of intestinal barrier, oxidation, and inflammation in trained men; a randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr.* 2012; 9(1): 45.
50. EFSA, European Food Safety Authority. EU Register on nutrition and health claims [portal en internet]. European Commission; 2013 [actualizado junio 2013; citado abril 2014]. Disponible en: <http://ec.europa.eu/nuhclaims>