



## FUNCIÓN, ESTABILIDAD Y PERFIL DEL MICROBIOMA INTESTINAL: RELEVANCIA PARA LOS ATLETAS

Marcus T. O'Brien, Msc<sup>1</sup>, Orla O'Sullivan, PhD<sup>2,3,4</sup>, Marcus J. Claesson, PhD<sup>1,2</sup>, Paul D. Cotter, PhD<sup>1,2,3,4</sup>

<sup>1</sup>SeqBiome Ltd., Irlanda; <sup>2</sup>APC Microbiome Irlanda, Cork, Irlanda; <sup>3</sup>Teagasc Food Research Centre, Moorepark, Fermoy, Irlanda; <sup>4</sup>VistaMilk SFI Research, Irlanda.

### PUNTOS CLAVE

- El microbioma intestinal es un aspecto importante y a menudo subestimado de la salud humana que puede tener un impacto significativo en el rendimiento deportivo.
- Los atletas de alto nivel con frecuencia experimentan consecuencias negativas para su salud debido a sus elevados niveles de actividad física, muchas de las cuales pueden estar directa o indirectamente relacionadas con el microbioma intestinal.
- Debido a su estilo de vida en los atletas de alto nivel el microbioma intestinal sufre una serie de factores estresantes que provocan una gran variabilidad y potencialmente cambios duraderos.
- El uso de tratamientos que modifiquen el microbioma puede ser de gran beneficio para los atletas de élite, especialmente si se usa junto con el monitoreo del microbioma.

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años el microbioma intestinal, que alguna vez fue un componente subestimado de la salud humana, ha sido objeto de investigaciones cada vez más profundas. Múltiples estudios han demostrado que tiene efectos significativos y de gran alcance sobre la salud intestinal, la inmunidad y la salud neurológica (Mohajeri et al., 2018). Recientemente, otro aspecto del microbioma intestinal está atrayendo gran atención, su relación con el ejercicio, la salud de los atletas y su rendimiento. Este artículo de Sports Science Exchange analizará cómo el microbioma intestinal puede afectar el rendimiento deportivo, cuáles son las implicaciones para los atletas de élite y sugerirá enfoques potenciales para monitorear y modificar el microbioma intestinal.

### EL MICROBIOMA HUMANO

Se sabe que el microbioma intestinal humano, definido como la comunidad microbiana que habita en el intestino, influye de manera importante en la salud y desempeña un papel en la inmunomodulación, la digestión y la absorción de vitaminas (Berg et al., 2020; Valdes et al., 2018). El microbioma intestinal está sujeto a cambios, con perturbaciones en la composición y/o función que pueden tener consecuencias significativas y a largo plazo para la salud, como la inflamación crónica o el desarrollo de afecciones como la enfermedad inflamatoria intestinal (Axelrad et al., 2019; Elias-Oliveira et al., 2020). En determinadas circunstancias, el microbioma intestinal también puede modificarse positivamente mediante intervenciones dietéticas, ejercicio o mediante el uso de pro/pre- o simbióticos, productos que contienen o favorecen la proliferación de organismos promotores de la salud (Bengmark, 2001).

Es por estas razones que la creación de perfiles de microbiomas se ha convertido en un mercado de rápido crecimiento, valorado actualmente en más de 110 millones de dólares y estimado en más de 800 millones de dólares para 2030 (InsightAce Analytic Pvt. Ltd, 2022). Muchas personas están cada vez más interesadas en rastrear el desarrollo de su propio microbioma y las implicaciones para su salud.

La salud del microbioma intestinal también es muy relevante para los atletas de alto nivel, en quienes se ha observado que tienen composiciones de microbioma intestinal muy distintas y variables,

que se cree que son causadas por los extremos del ejercicio, la dieta y los viajes que realizan (O'Donovan et al., 2020; Xu et al., 2022). Por estas razones, es de esperar que también aumente el interés entre los atletas de alto nivel y sus equipos de apoyo con respecto a las opciones disponibles para monitorear y modificar su microbioma con el fin de garantizar una salud y un rendimiento óptimos.

### RELEVANCIA DEL MICROBIOMA PARA LA SALUD DE LOS ATLETAS

Se han observado diferencias significativas entre los microbiomas intestinales de atletas y no atletas, tanto en términos de composición como de capacidades funcionales. Los microbiomas intestinales de los atletas son generalmente más diversos, contienen mayores niveles de bacterias que promueven la salud (por ejemplo, Akkermansia, Bifidobacterium) y tienen un mayor potencial para producir ciertos metabolitos bacterianos importantes (Mohr et al., 2020). Esto implica que la actividad física puede tener un efecto positivo en la salud intestinal. Sin embargo, esta relación no es tan simple como parece a primera vista.

Se cree que el ejercicio tiene un efecto dependiente de la dosis sobre la salud intestinal y la función inmunitaria, con cantidades/intensidades moderadas de ejercicio que tienen un efecto positivo sobre la salud, pero los niveles extremos tienen efectos negativos, como un aumento de las molestias gastrointestinales (Keirns et al., 2020). Se cree que esto se debe en parte a la isquemia intestinal, el proceso de redistribución de la sangre desde el intestino a los músculos esqueléticos durante el ejercicio intenso, lo que aumenta la permeabilidad intestinal, permite que las endotoxinas bacterianas entren en el torrente sanguíneo y causa inflamación crónica con efectos colaterales para inmunidad y salud gastrointestinal (Moses, 2005).

Estos efectos negativos del ejercicio extenuante pueden tener consecuencias significativas en términos de calidad de vida y rendimiento para atletas de alto nivel. Siendo quizás más pronunciado en los extremos del ejercicio, como los corredores de ultramaratón. Un estudio informó que el 96 % de los participantes de un ultramaratón de 161 km (100 millas) experimentaron algún tipo de síntoma gastrointestinal durante la carrera (por ejemplo, eructos,

náuseas, vómitos) y el 35.6% de los que no terminaron atribuyeron su fracaso en terminar la carrera a estos síntomas (Stuempfle y Hoffman, 2015). Además, es bien sabido que los atletas de élite sufren una mayor incidencia de infecciones del tracto respiratorio superior (ITRS) durante las temporadas de entrenamiento, probablemente debido a los efectos negativos del ejercicio extremo sobre la función inmunológica mencionados anteriormente (Nieman, 1997). Afortunadamente, múltiples estudios han demostrado que ciertos probióticos pueden mitigar estos dos efectos negativos. Schreiber et al. (2021) demostraron que un probiótico de múltiples cepas (*Lactobacillus helveticus* Lafti L10, *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* Lafti, *Enterococcus faecium* R0026, *Bifidobacterium longum* R0175 y *Bacillus subtilis* R0179) redujo tanto el malestar gastrointestinal como los niveles de esfuerzo percibido cuando se administró a ciclistas profesionales. Tavares-Silva y colaboradores (2021) demostraron que un ciclo de 30 días de otro probiótico multicepa (*Lactobacillus acidophilus* LB-G80, *Lacticaseibacillus paracasei* LPC-G110, *Lactococcus* subsp. *lactis* LLL-G25, *B. animalis* subsp. *lactis* BL-G101 y *Bifidobacterium bifidum* BB-G90) redujo significativamente los síntomas de ITRS en corredores de maratón.

Estos estudios indican que las intervenciones basadas en microorganismos que actúan a través del intestino pueden tener un efecto significativo en la salud y el rendimiento de los atletas. Además, se cree que las intervenciones basadas en el microbioma no solo pueden mitigar los efectos negativos para la salud, sino que también pueden aumentar el rendimiento deportivo al mejorar el crecimiento muscular, la resistencia u otras funciones.

Una de esas funciones basadas en el microbioma que se considera importante en el rendimiento deportivo es la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC), que son un grupo de metabolitos bacterianos que se cree que son importantes para la salud humana, producidos en gran medida por la fermentación bacteriana de la fibra dietética. Los tres AGCC más abundantes producidos por el microbioma intestinal son acetato, propionato y butirato. Se cree que proporcionan energía adicional y desempeñan un papel vital en múltiples funciones corporales (Silva et al., 2020). Podría decirse que el butirato es el más importante para la salud en general. Se ha observado que es antiinflamatorio y modula funciones metabólicas importantes (Amiri et al., 2022). Existen evidencias de que la producción de AGCC, y especialmente el butirato, aumenta en los microbiomas intestinales de los atletas (Mohr et al., 2020). Múltiples estudios en humanos y animales han planteado la hipótesis de que los AGCC pueden tener un efecto significativo en el rendimiento deportivo, además de sus efectos positivos teóricos sobre la salud en general. Uno de esos estudios señaló que el consumo máximo de oxígeno en humanos, una medida de la aptitud cardiorrespiratoria, se correlaciona fuertemente con la abundancia de bacterias clave en la producción de butirato (Estaki et al., 2016). Además, un estudio con ratones libres de gérmenes mostró que la masa muscular magra podría aumentar mediante la administración de una muestra de microbioma intestinal de ratones sanos o una mezcla de AGCC (Lustgarten, 2019).

También se ha observado que la producción de AGCC está estrechamente relacionada con el metabolismo de las proteínas bacterianas. Muchas de las proteínas no digeridas que consumimos son fermentadas a AGCC por nuestro microbioma intestinal. Se cree que la proteólisis bacteriana no solo produce AGCC, sino que también aumenta la disponibilidad

de aminoácidos para el huésped, lo que podría aumentar aún más la ganancia de masa muscular magra (Wu et al., 2021). De hecho, los estudios que utilizan el probiótico *Weizmannia coagulans* (anteriormente *Bacillus coagulans*) respaldan esta hipótesis al mostrar niveles elevados de aminoácidos en suero después de un ciclo de dos semanas con el probiótico (Stecker et al., 2020).

En varios estudios se ha señalado que la composición del microbioma intestinal y los tratamientos que lo modifican pueden influir positivamente en la resistencia. En uno de los estudios más influyentes en esta área se señaló que *Veillonella atypica*, una especie bacteriana conocida por su metabolismo del lactato, se enriqueció en los microbiomas intestinales de los corredores de maratón después de la carrera (Scheiman et al., 2019). Además, en este mismo estudio se mostró que esta bacteria podría mejorar significativamente el tiempo de carrera hasta el agotamiento en ratones cuando se administra como probiótico. Los autores teorizaron que el metabolismo del lactato de *Veillonella atypica* estaba mejorando el recambio de lactato, disminuyendo la acumulación de ácido láctico en los músculos y, por lo tanto, mejorando la resistencia. Si bien esta es una perspectiva emocionante, se necesitan más estudios para comprender completamente esta interacción, y algunos argumentan que la elección del control en esta investigación (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) puede haber sesgado los resultados (Fernández-Sanjurjo et al., 2020).

No obstante, cuando se toman en conjunto, estos estudios indican que un microbioma intestinal saludable puede desempeñar un papel en el rendimiento de un atleta y, por lo tanto, existe el potencial de mejorar el rendimiento mediante el uso adecuado de tratamientos modificadores del microbioma (Figura 1).



**Figura 1:** Funciones corporales relacionadas con los atletas que se cree están influenciadas por el microbioma intestinal. ITRS, infecciones del tracto respiratorio superior; AGCC, ácidos grasos de cadena corta; GI, gastrointestinal.

## PERFIL DEL MICROBIOMA

La creación de un perfil del microbioma es el proceso de usar tecnologías de secuenciación para tomar una "fotografía instantánea" de la composición del microbioma y, en algunos casos, su potencial funcional, facilitado por la aparición y la rápida disminución del costo de las tecnologías de secuenciación de próxima generación (SPG) (Hamady & Knight, 2009). Estas tecnologías permiten la secuenciación e identificación a gran escala de la información genética codificada por el microbioma intestinal. Actualmente hay varias empresas que ofrecen servicios de creación de perfiles de microbiomas en el hogar, con diferentes especialidades y calidad, aunque sin un enfoque en la relación entre el deporte y el microbioma. Además, pocas utilizan completamente la creación de perfiles de microbiomas longitudinales, centrándose en gran medida en el perfil de un solo punto de tiempo.

Si bien el perfil puntual del microbioma es útil en ciertas circunstancias, no logra capturar los cambios en la composición microbiana y sus implicaciones. Aunque generalmente es estable, el microbioma intestinal humano puede cambiar de acuerdo con la dieta, la edad y la enfermedad. Estos cambios se pasan por alto cuando se confía en un perfil de microbioma puntual o muy poco frecuente (Aleman & Valenzano, 2019). Además de esto, el perfil longitudinal del microbioma también brinda el beneficio adicional de rastrear los impactos de los productos prebióticos/probióticos u otros moduladores, incluidos cambios dietéticos más amplios o el impacto negativo de los antibióticos en el microbioma intestinal. También permite tomar decisiones de salud más informadas.

Sin embargo, también es vital tener en cuenta que el campo de la elaboración de perfiles de microbiomas aún está en pañales. Si bien se han observado múltiples correlaciones entre la composición del microbioma intestinal y condiciones de enfermedad, existe la necesidad de comprender más ampliamente los mecanismos involucrados. Esto se debe en parte a la alta variabilidad interindividual del microbioma intestinal, lo que a menudo dificulta la identificación de correlaciones/patrones significativos (Staley et al., 2018). Podría decirse que esto aumenta la importancia del monitoreo longitudinal del microbioma, ya que si bien es difícil determinar la importancia de las variaciones entre dos sujetos, es más práctico detectar perturbaciones individuales del microbioma intestinal a lo largo del tiempo.

## LA VOLATILIDAD DEL MICROBIOMA INTESTINAL DEL ATLETA Y LA IMPORTANCIA DE SU MONITOREO

Como se mencionó anteriormente, el microbioma intestinal es un sistema altamente plástico que puede ser sensible a cambios extremos en el estilo de vida. A pesar de esta plasticidad, la composición del microbioma intestinal de individuos sanos es generalmente estable a lo largo del tiempo, con grandes perturbaciones en la composición y diversidad del microbioma generalmente asociadas con efectos negativos o cambios significativos en el estilo de vida (Fassarella et al., 2021). Un estudio que analizó la composición del microbioma de 101 personas durante un año, observó que las capacidades funcionales se mantuvieron relativamente estables con el tiempo, pero ciertas bacterias asociadas a enfermedades (por ej., *Escherichia coli*) eran muy variables, incluso en personas sanas (Olsson et al., 2022). Esto respalda la hipótesis de que el monitoreo longitudinal del microbioma es muy valioso para tener evaluaciones confiables de la salud del microbioma. Algo especialmente relevante para los atletas profesionales que a menudo someten sus microbiomas a los extremos de la dieta, el ejercicio y otras opciones de estilo de vida.

La dieta y los niveles de actividad física de un atleta pueden cambiar drásticamente entre la temporada y fuera de ella (Renard et al., 2021). La dieta es un modulador bien conocido del microbioma intestinal y se ha observado que causa cambios significativos en la composición dentro de las 24 horas posteriores a su modificación (Leeming et al., 2019). Con base en esto, existe la posibilidad de que los cambios extremos y repentinos en la dieta y el estilo de vida tengan un impacto en el microbioma intestinal de un atleta. Si bien la investigación en esta área es relativamente limitada, en parte debido a la falta de estudios longitudinales sobre atletas de élite, existe evidencia de tal transformación en el entrenamiento de los no atletas para una competencia. Barton y colaboradores (2021) observaron que dos personas que anteriormente se describían a sí mismas como no atletas pero que asumieron el desafío de entrenar para completar una maratón y un triatlón, respectivamente, experimentaron cambios notables en la diversidad de su microbioma en concurrencia con el entrenamiento, aunque en este caso, las dietas de los sujetos permanecieron relativamente estables. Además de esto, los viajes que realizan los atletas profesionales pueden tener un impacto significativo en la estabilidad y el rendimiento del microbioma intestinal. En un estudio, O'Donovan y colaboradores (2020) notaron una alta variabilidad en los microbiomas de los atletas asociados con los viajes a países específicos, lo que a su vez se asoció con problemas gastrointestinales. Estos estudios indican que las elecciones de estilo de vida de los atletas profesionales pueden tener efectos significativos en la variabilidad de sus microbiomas intestinales, con posibles efectos colaterales en el rendimiento.

Debido a los factores altamente estresantes que los atletas soportan a menudo, es un problema bien conocido que los atletas de alto nivel en algunos deportes abusan de ciertos medicamentos, como los antiinflamatorios (Lippi et al., 2006). El uso frecuente de medicamentos antiinflamatorios no esteroideos (AINE) puede tener un impacto drástico en la salud y el microbioma intestinal, ya sea al afectar directamente al microbioma o al causar daño gastrointestinal, aunque los mecanismos aún no se comprenden por completo (Maseda & Ricciotti, 2020). En múltiples estudios se promete poder mitigar estos efectos negativos mediante el uso de probióticos específicos, y algunas investigaciones muestran que ciertos probióticos podrían reducir la necesidad del uso de AINE principalmente a través de sus propiedades antiinflamatorias (Fu et al., 2021; Maseda & Ricciotti, 2020).

Estos puntos indican que el microbioma intestinal de los atletas de élite tiene más riesgo de cambios repentinos que el de un no atleta sano. Esto enfatiza el valor potencial de la monitorización constante del microbioma para los deportistas de alto nivel. Al monitorear el microbioma, cualquier perturbación causada por los factores anteriores podría abordarse potencialmente mediante el uso de tratamientos modificadores del microbioma, evitando cualquier posible disminución en el rendimiento.

## CONCLUSIÓN

Los atletas se someten a cantidades elevadas de estrés como parte de su estilo de vida. Estos factores estresantes, como los cambios en la dieta, los viajes y la actividad física extrema, pueden tener efectos drásticos en el microbioma intestinal, lo que a su vez puede tener efectos colaterales en su rendimiento. Por estas razones, el microbioma intestinal puede convertirse en un aspecto cada vez más importante a considerar para cualquier atleta. Por lo tanto, puede ser necesario un control estricto y una modificación cuidadosa

del microbioma intestinal para lograr un rendimiento óptimo. Sin embargo, para que estos métodos puedan explotarse por completo, aún se requiere una cantidad importante de investigación para conocer en detalle la relación entre el ejercicio y el microbioma.

## APLICACIONES PRÁCTICAS

- Los atletas deben considerar cuidadosamente los impactos potenciales de ciertas elecciones de estilo de vida en su microbioma intestinal y los efectos colaterales en su rendimiento.
- Ciertos tratamientos modificadores del microbioma pueden ser una vía para regular su estabilidad.
- El monitoreo longitudinal puede convertirse en una herramienta importante para que el atleta mantenga un microbioma saludable.

Las opiniones expresadas pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente la posición o política de PepsiCo, Inc.

## REFERENCIAS

- Aleman, F.D.D. and D.R. Valenzano (2019). Microbiome evolution during host aging. *PLoS Pathog.* 15:e1007727.
- Amiri, P., S.A. Hosseini, S. Ghaffari, H. Tutunchi, S. Ghaffari, E. Mosharkesh, S. Asghari, and N. Roshanravan (2021). role of butyrate, a gut microbiota derived metabolite, in cardiovascular diseases: A comprehensive narrative review. *Front. Pharmacol.* 12:837509.
- Axelrad, J.E., O. Olén, J. Askling, B. Lebwohl, H. Khalili, M.C. Sachs, and J.F. Ludvigsson (2019). gastrointestinal infection increases odds of inflammatory bowel disease in a nationwide case-control study. *Clin. Gastroenterol. Hepatol.* 17:1311–1322.
- Barton, W., O. Cronin, I. Garcia-Perez, R. Whiston, E. Holmes, T. Woods, C.B. Molloy, M.G. Molloy, F. Shanahan, P.D. Cotter, and O. O'Sullivan (2021). The effects of sustained fitness improvement on the gut microbiome: A longitudinal, repeated measures case-study approach. *Translat. Sports Med.* 4:174–192.
- Benchmark, S. (2001). Pre-, pro- and synbiotics. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.* 4:571–579.
- Berg, G., D. Rybakova, D. Fischer, T. Cernava, M.C. Vergès, T. Charles, X. Chen, L. Cocolin, K. Eversole, G.H. Corral, M. Kazou, L. Kinkel, L. Lange, N. Lima, A. Loy, J.A. Macklin, E. Maguin, T. Mauchline, R. McClure, B. Mitter, M. Ryan, I. Sarand, H. Smidt, B. Schelke, H. Roume, G.S. Kiran, J. Selvin, R.S.C. Souza, L. van Overbeek, B.K. Singh, M. Wagner, A. Walsh, A. Sessitsch, and M. Schloter (2020). Microbiome definition revisited: old concepts and new challenges. *Microbiome* 8:1–22.
- Elias-Oliveira, J., J.A. Leite, I.S. Pereira, J.B. Guimarães, G.M.D.C. Manso, J.S. Silva, R.C. Tostes, and D. Carlos (2020). NLR and intestinal dysbiosis-associated inflammatory illness: Drivers or dampers? *Front. Immunol.* 11:1810.
- Estaki, M., J. Pither, P. Baumeister, J.P. Little, S.K. Gill, S. Ghosh, Z. Ahmadi-Vand, K.R. Marsden, and D.L. Gibson (2016). Cardiorespiratory fitness as a predictor of intestinal microbial diversity and distinct metagenomic functions. *Microbiome*, 4:42.
- Fassarella, M., E.E. Blaak, J. Penders, A. Nauta, H. Smidt, and E.G. Zoetendal (2021). Gut microbiome stability and resilience: elucidating the response to perturbations in order to modulate gut health. *Gut* 70:595–605.
- Fernández-Sanjurjo, M., J. Fernández, C. Tomás-Zapico, B. Fernández-García, C.J. Villar, F. Lombó, and E. Iglesias-Gutiérrez (2020). Is physical performance (in mice) increased by *Veillonella atypica* or decreased by *Lactobacillus bulgaricus*? *J. Sport Health Sci.* 9:197–200.
- Fu, S.-K., W.C. Tseng, L.W. Tseng, C.C. Lai, Y.C. Tsai, H.L. Tai, and C.C. Hsu (2021). Effect of daily oral PS128 on exercise capacity recovery after a half-marathon. *Nutrients* 13:4023.
- Hamady, M., and R. Knight (2009). Microbial community profiling for human microbiome projects: Tools, techniques, and challenges. *Genome Res.* 19:1141–1152.
- InsightAce Analytic Pvt. Ltd (2022). Human Microbiome-based Gut Health Test and Nutrition Market worth US\$ 885.52 Million by 2030 - Exclusive Report by InsightAce Analytic, PR Newswire. Available at: <https://www.prnewswire.com/news-releases/human-microbiome-based-gut-health-test-and-nutrition-market-worth-us-885-52-million-by-2030---exclusive-report-by-insightace-analytic-301517714.html> (Accessed: 6 April 2022).
- Keirns, B.H., N.A. Koemel, C.M. Sciarillo, K.L. Anderson, and S.R. Emerson (2020). Exercise and intestinal permeability: another form of exercise-induced hormesis? *Am. J. Physiol.* 319:G512–G518.
- Leeming, E.R., A.J. Johnson, T.D. Spector, and C.I. Le Roy (2019). Effect of diet on the gut microbiota: Rethinking intervention duration. *Nutrients* 11:2862.
- Lippi, G., M. Franchini, G.C. Guidi, and W.F. Kean (2006). Non-steroidal anti-inflammatory drugs in athletes. *Br. J. Sports Med.* 40:661–662; Discussion 662–663.
- Lustgarten, M.S. (2019). The Role of the gut microbiome on skeletal muscle mass and physical function: 2019 Update. *Front. Physiol.* 10:1435.
- Maseda, D., and E. Ricciotti (2020). NSAID-gut microbiota interactions. *Front. Pharmacol.* 11:1153.
- Mohajeri, M.H., R.J.M. Brummer, R.A. Rastall, R.K. Weersma, H.J.M. Harmsen, M. Faas, and M. Eggersdorfer (2018). The role of the microbiome for human health: from basic science to clinical applications. *Eur. J. Nutr.* 57(Suppl 1):1–14.
- Mohr, A.E., R. Jäger, K.C. Carpenter, C.M. Kerkick, M. Purpura, J.R. Townsend, N.P. West, K. Black, M. Gleeson, D.B. Pyne, S.D. Wells, S.M. Arent, R.B. Kreider, B.I. Campbell, L. Bannock, J. Scheiman, C.J. Wissent, M. Pane, D.S. Kalman, J.N. Pugh, C.P. Ortega-Santos, J.A. Ter Haar, P.J. Arciero, and J. Antonio (2020). The athletic gut microbiota. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 17:24.
- Moses, F.M. (2005). Exercise-associated intestinal ischemia. *Curr. Sports Med. Rep.* 4:91–95.
- Nieman, D.C. (1997). Risk of upper respiratory tract infection in athletes: an epidemiologic and immunologic perspective. *J. Athl. Train.* 32:344–349.
- O' Donovan, C.M., B. Connor, S.M. Madigan, P.D. Cotter, and O. O'Sullivan (2020). Instances of altered gut microbiomes among Irish cricketers over periods of travel in the lead up to the 2016 World Cup: A sequencing analysis. *Travel Med. Infect. Dis.* 35:101553.
- Olsson, L.M., F. Boulund, S. Nilsson, M.T. Khan, A. Gummesson, L. Fagerberg, L. Engstrand, R. Perkins, M. Uhlén, G. Bergström, V. Tremaroli, and F. Bäckhed (2022). Dynamics of the normal gut microbiota: A longitudinal one-year population study in Sweden. *Cell Host Microbe* 30:726-739.
- Renaud, M., D.T. Kelly, N.N. Chéilleachair, and C.O. Catháin (2021). How does the dietary intake of female field-based team sport athletes compare to dietary recommendations for health and performance? A systematic literature review. *Nutrients* 13:1235.
- Scheiman, J., J.M. Luber, T.A. Chavkin, T. MacDonald, A. Tung, L.D. Pham, M.C. Wibowo, R.C. Wurth, S. Punthambaker, B.T. Tierney, Z. Yang, H.W. Hattab, J. Avila-Pacheco, C.B. Clish, S. Lessard, G.M. Church, and A.D. Kostic (2019). Meta-omics analysis of elite athletes identifies a performance-enhancing microbe that functions via lactate metabolism. *Nature Med.* 25:1104–1109.
- Schreiber, C., S. Tamir, R. Golan, A. Weinstein, and Y. Weinstein (2021). The effect of probiotic supplementation on performance, inflammatory markers and gastro-intestinal symptoms in elite road cyclists. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 18:36.
- Silva, Y.P., A. Bernardi, and R.L. Frozza (2020). The role of short-chain fatty acids from gut microbiota in gut-brain communication. *Front. Endocrinol.* 11:25.
- Staley, C., T. Kaiser, and A. Khoruts (2018) Clinician guide to microbiome testing. *Digest. Dis. Sci.* 63:3167–3177.
- Stecker, R.A., J.M. Moon, T.J. Russo, K.M. Ratliff, P.W. Mumford, R. Jäger, M. Purpura, and C.M. Kerkick (2020). GBI-30, 6086 improves amino acid absorption from milk protein. *Nutr. Metab.* 17:93.
- Stuempfle, K.J., and M.D. Hoffman (2015). Gastrointestinal distress is common during a 161-km ultramarathon. *J. Sports Sci.* 33:1814–1821.
- Tavares-Silva, E., A.V. Caris, S.A. Santos, G.R. Ravacci, and R.V. Thomatieli-Santos (2021) Effect of multi-strain probiotic supplementation on URTI symptoms and cytokine production by monocytes after a marathon race: A randomized, double-blind, placebo study. *Nutrients* 13:1478.

- Valdes, A.M., J. Walter, E. Segal, and T.D. Spector (2018). Role of the gut microbiota in nutrition and health. *Br. Med. J.* 361:k2179.
- Wu, L., Z. Tang, H. Chen, Z. Ren, Q. Ding, K. Liang, and Z. Sun (2021). Mutual interaction between gut microbiota and protein/amino acid metabolism for host mucosal immunity and health. *Anim. Nutr.* 7:11–16.
- Xu, Y., F. Zhong, X. Zheng, H.-Y. Lai, C. Wu, and C. Huang (2022). Disparity of gut microbiota composition among elite athletes and young adults with different physical activity independent of dietary status: A matching study. *Front. Nutr.* 9:843076.

## TRADUCCIÓN

Este artículo ha sido traducido y adaptado de: Marcus T. O'Brien, Orla O'Sullivan, Marcus J. Claesson y Paul D. Cotter. FUNCIÓN, ESTABILIDAD Y PERFIL DEL MICROBIOMA INTESTINAL: RELEVANCIA PARA LOS ATLETAS. *Sports Science Exchange*, Vol. 35, No. 230, 1-5, 2022. por el M.Sc. Pedro Reinaldo García