



SUPLEMENTACIÓN DE POLIFENOLES DERIVADOS DE FRUTAS PARA EL RENDIMIENTO Y LA RECUPERACIÓN

Joanna L. Bowtell | Ciencias de la Salud y el Deporte | Universidad de Exeter | Exeter EX1 2LU | UK

Jimmy T. Wangdi | Escuela de Movimiento Humano y Ciencias de la Nutrición | Universidad de Queensland | St. Lucia | QLD | Australia

Vincent G. Kelly | Escuela de Ejercicio y Ciencias de la Nutrición | Universidad de Tecnología de Queensland | Brisbane | QLD | Australia

PUNTOS CLAVE

- Los polifenoles son producidos por las plantas y cumplen diversas funciones que incluyen la defensa contra patógenos y antioxidantes. Contribuyen a las características de sabor y color de las frutas y hortalizas. Aproximadamente el 90% de los polifenoles de la dieta escapan de la absorción en el intestino delgado pero después son biodisponibles debido a la acción de las bacterias intestinales en el colon.
- La suplementación con polifenoles produce efectos antioxidantes a través de la inhibición de las enzimas generadoras de superóxido, como la nicotinamida adenina dinucleótido fosfato oxidasa (NADPH) y el aumento de la síntesis de enzimas antioxidantes endógenas a través del factor de respuesta antioxidante. También ejercen efectos antiinflamatorios mediante la inhibición de las enzimas ciclooxigenasas que producen prostaglandinas proinflamatorias.
- El consumo de ~ 300 mg de polifenoles dentro de la hora previa al ejercicio parece mejorar el rendimiento de resistencia y ejercicios de sprints repetidos en sujetos recreativamente activos a través de mecanismos vasculares. Sin embargo, hasta la fecha se han realizado pocos estudios y se necesita más investigación para corroborar estos hallazgos, determinar la influencia del nivel de entrenamiento y optimizar el protocolo de suplementación.
- La recuperación de la fuerza muscular y el rendimiento después del ejercicio intenso se ve mejorada por la suplementación con polifenoles, probablemente debido a la protección contra el daño oxidativo. Sin embargo, nuestra comprensión de los mecanismos se basa actualmente en mediciones de biomarcadores indirectos de plasma en lugar de análisis del músculo dañado en sí.
- Actualmente no se conoce la dosis óptima y la combinación de polifenoles para respaldar la recuperación del daño muscular, pero el consumo de ~ 1200 mg / día de polifenoles de cereza o granada de Montmorency durante tres o más días antes del ejercicio, parece ser consistentemente efectiva para mejorar la recuperación.

INTRODUCCIÓN

Las frutas, los vegetales y los suplementos de polifenoles derivados de frutas contienen una mezcla de polifenoles; por lo tanto, la farmacocinética y el metabolismo después de la ingesta de alimentos enteros o suplementos derivados de frutas son muy complejos. En consecuencia, todavía hay muchas preguntas sin respuestas relacionadas con la combinación y la dosis de polifenoles óptima para mejorar el rendimiento y la recuperación. Las características de sabor y color de las frutas y verduras están fuertemente influenciadas por su contenido de polifenoles. Los polifenoles están esparcidos en las plantas, allí participan en una amplia gama de procesos críticos que incluyen crecimiento, pigmentación, polinización, resistencia a patógenos y factores de estrés ambiental (Duthie et al., 2003). El contenido de polifenoles y la mezcla de plantas están determinados por las especies de plantas, las condiciones de crecimiento (luz solar, agua, disponibilidad de nutrientes, temperatura), el procesamiento posterior a la cosecha, el transporte y las condiciones de almacenamiento (Oracz et al., 2015). Los polifenoles tienen una estructura química común con dos o más grupos hidroxilo unidos a uno o más anillos de benceno y se pueden clasificar en cuatro familias principales: lignanos, ácidos fenólicos, estilbenos y flavonoides. De estos, los flavonoides son los más abundantes. La Tabla 1 proporciona un resumen de los compuestos y las fuentes dietéticas clave de las diferentes familias de polifenoles. Existe una variabilidad considerable en el contenido de polifenoles de los alimentos en los estantes de los supermercados y en los muchos suplementos derivados de frutas ricos en polifenoles que ahora están disponibles comercialmente.

Familia de Polifenoles	Fuente Alimentaria	Ejemplos de componentes (mg por 100g de peso fresco)	Contenido de polifenoles (mg por 100g de peso fresco)
Estilbenos	Uvas negras	Resveratrol (0,15)	185
Lignanos	Semillas de sésamo	Sesamin (538)	199
	Brócoli	Lariciresimol (97)	
Ácidos Fenólicos	Filtro de café arábica	Ácido 5-caffeoylquinico (43)	105
	Infusión de Té negro	Ácido 5-O Galloylquinico (12)	
	Jugo de granada	Punicalagina (135)	
Flavonoides			
Flavanoles	Cacao	Epicatequina (158)	5,624
Flavanoles	Cebolla	Quercitina (13)	60
	Kale	Kaempferol (27)	177
Flavones	Tomillo (fresco)	Luteolina (39)	1,173
Flavanones	Naranja	Naringenina (11)	279
		Hesperetin (34)	
Isoflavonoides	Semillas de Soya	6-O Malonil-Genistina (16)	
Antocianinas	Cereza Agria	Cianidina (54)	352
	Grosella negra	Delfinidina (391)	820
	Arándano alto	Malvidina (47)	223
Proantocianidinas	Cacao	Dímeros tipo B1 (112)	5,624

Fuente phenol-explorer.eu * Indica que las unidades son en mg por 100 mL de infusión

Tabla 1. Fuentes alimentarias de diferentes familias y sub-familias de polifenoles

La absorción y el metabolismo de los polifenoles es muy compleja, ya que hay miles de compuestos de polifenoles presentes dentro de las plantas que interactúan entre sí, formando un gran número de metabolitos diferentes tras la absorción (Crozier et al., 2010). Aproximadamente el 90% de los polifenoles pasan sin digerirse a través del intestino delgado hasta el colon, donde se activan por las enzimas presentes en las bacterias, produciendo metabolitos como los ácidos fenólicos, que luego pueden absorberse. La ingestión de un solo polifenol puede dar lugar a muchos metabolitos diferentes. Por ejemplo, en las 48 h siguientes a la ingestión de cianidin-3-glucósido marcado con ^{13}C , se detectaron 17 metabolitos diferentes en el plasma (de Ferrars et al., 2014).

Propiedades de los polifenoles

Los polifenoles poseen propiedades de eliminación de radicales relacionadas con su estructura química. Sin embargo, las concentraciones plasmáticas máximas de polifenoles y sus metabolitos son relativamente bajas (0,1-22 μM) en comparación con la concentración de urato plasmático (150–450 μM), que también es un importante antioxidante en el compartimiento del plasma. Por lo tanto, parece poco probable que los fenólicos plasmáticos sean antioxidantes directamente efectivos *in vivo*. Ahora hay cada vez más pruebas de que los fenólicos aumentan la capacidad antioxidante endógena a través de la señalización de la vía del factor de respuesta 2 (Nrf2) / antioxidante (ARE por sus siglas en inglés), lo que produce un aumento de la síntesis de antioxidantes endógenos posteriores como la superóxido dismutasa, la catalasa y la peroxiredoxina (Huang et al., 2015). Paradójicamente, parece que los efectos antioxidantes de los polifenoles surgen de su acción prooxidante después de la exposición *in vivo* a especies reactivas de oxígeno (ROS por sus siglas en inglés). Los polifenoles también poseen propiedades antiinflamatorias y se ha demostrado que *in vitro* reducen la señalización a través del factor nuclear proinflamatorio kappa-potenciador de la cadena ligera de las células B activadas (NF- κB) e inhiben las enzimas ciclooxigenasa, COX-1 y COX-2 (Esposito et al., 2014), que también son el objetivo de los antiinflamatorios no esteroideos.

El consumo de polifenoles derivados de frutas como cerezas, arándanos, grosellas negras, granadas y cacao reduce los marcadores plasmáticos de daño oxidativo e inflamación. La suplementación aguda y crónica con polifenoles también mejora la función vascular, específicamente la dilatación mediada por flujo (FMD por sus siglas en inglés) dependiente del óxido nítrico (NO por sus siglas en inglés). Un metanálisis reveló que la suplementación aguda con una mezcla de flavonoides incrementó la FMD en un 2,33% (basado en 18 estudios) y en un 0,73% con suplementación crónica (basada en 14 estudios) (Kay et al., 2012). La dosis óptima identificada fue de 500 mg/día de flavonoides totales ó 300 mg/día de procianidinas. El aumento de la biodisponibilidad de NO se logra probablemente a través de una variedad de mecanismos que actúan de manera sinérgica para 1) activar la óxido nítrico sintasa endotelial (Chalopin et al., 2010), 2) inhibir las enzimas productoras de superóxido, como la NADPH oxidasa (Maraldi, 2013), reduciendo el agotamiento de NO debido a la formación de peroxinitrito a partir de NO y superóxido, y 3) la señal a través de Nrf2 que aumenta la capacidad antioxidante endógena (Ramirez-Sanchez et al., 2013).

Por lo tanto, existe una justificación sólida para sugerir que los polifenoles pueden mejorar el rendimiento y la recuperación del ejercicio intenso debido a sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y vasoactivas (Bowtell y Kelly, 2019). El objetivo de este artículo de Sports Science Exchange es proporcionar un breve resumen sobre la evidencia de la investigación actual en esta área.

SUPLEMENTACIÓN CON POLIFENOLES Y RENDIMIENTO FÍSICO

El músculo esquelético es un productor neto de especies reactivas de oxígeno de diversas fuentes que incluyen la cadena respiratoria mitocondrial y fuentes enzimáticas como la NADPH oxidasa y la xantina oxidasa. La generación de ROS aumenta durante el ejercicio de manera dependiente de la intensidad y puede exceder la capacidad antioxidante muscular, lo que origina la perturbación del equilibrio redox durante ejercicios prolongados o de alta intensidad (Bailey et al., 2007). Esta alteración del equilibrio redox está implicada en el desarrollo de la fatiga a través de un flujo sanguíneo y una capacidad vasodilatadora deficientes, un manejo y sensibilidad alterados del calcio y el desarrollo de la fatiga central (Figura 1, para más detalles ver Powers y Jackson, 2008). Por lo tanto, es razonable que la suplementación con antioxidantes pueda contrarrestar la fatiga y mejorar el rendimiento a través de una mejor irrigación del músculo en ejercicio, así como un mejor mantenimiento del acoplamiento de excitación-contracción y del impulso central.



Figura 1. Mecanismos potenciales de la fatiga inducida por el ejercicio. Los mecanismos de la fatiga siguen siendo controversiales debido a su compleja naturaleza multifactorial y a la especificidad del modo del ejercicio, la intensidad y su duración. Sin embargo, se ha relacionado con el incremento de las especies de oxígeno y nitrógeno reactivo que aparecen durante el ejercicio, sugiriendo que la suplementación con polifenoles pueda ser ergogénica debido a sus propiedades antioxidantes.

Suplementación aguda

Muy pocos estudios han investigado si la suplementación aguda con polifenoles (dosis única < 3 h antes del ejercicio) afecta el rendimiento físico. La sincronización del consumo parece ser un factor importante ya que los efectos ergogénicos solo se observaron en aquellos estudios en los que se consumieron polifenoles dentro de 1 h de ejercicio. Es probable que esto coincida con la concentración máxima de los metabolitos fenólicos del plasma y, por lo tanto, con los efectos fisiológicos máximos. Cuando se consumieron 30 minutos antes del ejercicio, granada (1000 mg de extracto de granada) (Roelofs et al., 2017; Trexler et al., 2014) y extracto de ecklonia cava (72 mg de polifenoles) (Oh et al., 2010) mejoraron el tiempo hasta el agotamiento en la cinta rodante y el pico y la potencia media durante ciclos de carrera repetidos en sujetos recreacionalmente activos. Las combinaciones de polifenoles derivadas de té verde, uva y granada, uva y manzana (500 mg de polifenoles) consumidas 1 h antes del ejercicio aumentaron la potencia media y pico durante ciclos de carrera repetidos (Cases et al., 2017) o aumentaron el tiempo hasta el agotamiento durante una prueba máxima de carrera progresiva en cinta rodante y durante el pedaleo a 70% de la potencia aeróbica máxima (Deley et al., 2017) en sujetos recreacionalmente activos. Sin embargo, el extracto de granada o los flavonoles de cacao consumidos 1.5 horas o más antes del ejercicio, no produjeron efectos ergogénicos (Decroix et al., 2017; Crum et al., 2017; Roelofs et al., 2017; Trexler et al., 2014). Estos estudios incluyeron atletas entrenados, por lo que no está claro si el estado del entrenamiento también puede influir en la eficacia; aunque, ciclistas entrenados experimentaron

mejoras modestas en el rendimiento del sprint final, 1.5 h después de la ingesta de concentrado de cereza Montmorency (Keane et al., 2018).

Es probable que los efectos ergogénicos observados en sujetos recreacionalmente activos involucren mecanismos vasculares con una presión del latido reducida y un aumento del diámetro y el flujo de la arteria braquial junto con mejoras de rendimiento (Cases et al., 2017; Roelofs et al., 2017; Trexler et al., 2014).

Suplementación crónica

La suplementación con polvo de grosella negra (300 mg/día con 105 mg/día de antocianinas) durante 7 días mejoró el rendimiento de una prueba de ciclismo contra reloj de 16,1 km (Cook et al., 2015) y la distancia de carrera intermitente de alta intensidad hasta el agotamiento (Perkins et al., 2015), redujo el índice de fatiga de sprints repetidos en participantes recreativamente activos (Godwin et al., 2017; Willems et al., 2016), e indujo una pequeña mejora (0,8%) en el rendimiento en una prueba contra reloj repetida de 4 km en individuos entrenados (Murphy et al., 2017). Braakhuis et al. (2014) también encontraron una posible mejora en el rendimiento de una prueba contra reloj de 5 km para las corredoras más rápidas después de 3 semanas de suplementación con polifenol de grosella negra (antocianinas de 300 mg/día) durante un período de entrenamiento intensificado, con evidencia de una disminución en el rendimiento después de la suplementación con vitamina C en este ensayo cruzado aleatorizado. La suplementación con polvo de cereza durante 7 días mejoró el rendimiento de una prueba contra reloj de 15 km en ciclistas entrenados (Morgan et al., 2019). Sin embargo, los hallazgos no fueron consistentes ya que 7 días de suplementación con granada (1800 mg polifenoles) (Trinity et al., 2014) y 2 semanas de suplementación con chocolate negro (108 mg de catequinas y 88 mg de flavanoles) (Allgrove et al., 2011) no mejoraron el rendimiento.

Según la evidencia disponible, el consumo crónico de polifenoles parece producir efectos ergogénicos para los sujetos recreacionalmente activos y en menor medida para los atletas entrenados. Los mecanismos más probables parecen ser una menor capacidad para desintoxicar ROS y especies reactivas de nitrógeno (RNS por sus siglas en inglés) o una mayor actividad de enzimas antioxidantes. Estas respuestas parecen ocurrir en paralelo con una función vascular mejorada lo que posiblemente resulte en una mejor irrigación muscular y una mejor extracción de oxígeno (Richards et al., 2010).

SUPLEMENTACIÓN CON POLIFENOLES PARA AUMENTAR LA RECUPERACIÓN

El daño muscular generado por el ejercicio involucra procesos tanto mecánicos como bioquímicos. El daño inicial inducido por la exposición a fuerzas mecánicas elevadas y una mayor exposición a las ROS desencadena una potente respuesta inflamatoria de fibras dañadas que liberan citocinas proinflamatorias. Estas sirven como atrayentes químicos para los neutrófilos y macrófagos y activan las enzimas generadoras de ROS en el músculo (para revisión ver Peake et al., 2017). La infiltración y activación de neutrófilos se produce dentro de las 2 h del daño lo que libera ROS y enzimas proteolíticas que pueden exacerbar el daño muscular inicial pero también facilita la regeneración mediante la eliminación de los desechos y la activación de las células satélite. Poco después de la infiltración de neutrófilos los macrófagos derivados de los monocitos de la sangre se acumulan dentro del tejido dañado. Su función es eliminar residuos y células apoptóticas y además liberar una serie de factores de crecimiento y otras sustancias que desencadenan la remodelación de la matriz extracelular y los elementos contráctiles y vasculares. La participación central de la generación de ROS y la inflamación dentro del daño muscular y el proceso de curación sugiere que existe una razón

clara para la suplementación con polifenoles con el fin de acelerar la recuperación (Figura 2).

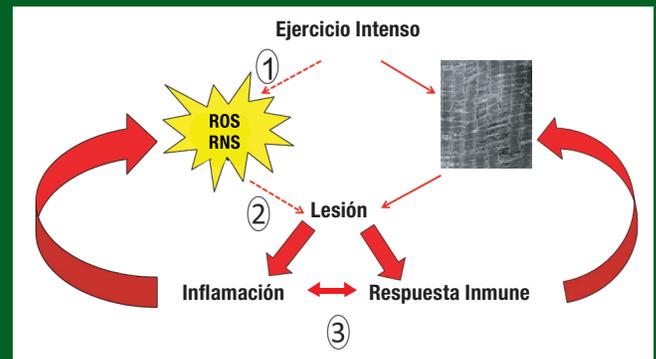


Figura 2. Suplementación de polifenoles y recuperación del daño muscular. La suplementación con polifenoles parece mejorar la recuperación del daño muscular inducido por el ejercicio a través de diferentes mecanismos posibles: 1) Inhibe las enzimas productoras de súper óxido como la NADPH oxidasa, 2) aumenta la capacidad antioxidante endógena y 3) posee efectos antiinflamatorios.

La suplementación con polifenoles derivado de las frutas (Cereza Montmorency - MC por su nombre en inglés-, granada y arándano) mejora la restauración de la función muscular y reduce el dolor después del ejercicio intenso. Se ha demostrado que la suplementación con MC mejora la recuperación de la función muscular o el rendimiento después de un ejercicio intenso en cinco de los nueve estudios publicados que investigan esta pregunta (Bell et al., 2015, 2016; Bowtell et al., 2011; Connolly et al., 2006; Howatson et al., 2010). Estos estudios incluyeron atletas entrenados, así como personas recreacionalmente activas, por lo que, a diferencia de los efectos agudos del rendimiento de la suplementación con polifenoles, parece que los efectos benéficos sobre la recuperación son accesibles tanto para las personas entrenadas como para las menos capacitadas. La eficacia del suplemento no estuvo influenciada por el modo de ejercicio utilizado para inducir daño muscular ya que diferentes estrategias o grupos musculares se dañaron en cada uno de estos estudios. Se proporcionaron polifenoles MC en jugo, consumidos por la mañana y por la noche durante al menos 3 días antes del ejercicio y se proporcionaron al menos 1200 mg de polifenoles diarios en los estudios donde se evidenció una mejor recuperación. Los estudios que no reportaron ningún efecto sobre la recuperación de la función muscular o el rendimiento físico proporcionaron una dosis más baja (y presumiblemente insuficiente) de MC en forma de polvo (Beals et al., 2017; Levers et al., 2015), o la prueba de ejercicio intenso no indujo una disminución cuantificable en la fuerza muscular (McCormick et al., 2016) o el rendimiento (Bell et al., 2014), lo que por definición, hace imposible mejorar la recuperación.

También se ha demostrado que el consumo de jugo de granada mejora la recuperación del flexor del codo (Machin et al., 2012; Trombold et al., 2010, 2011) y el extensor de rodilla (Machin et al., 2012) después de un ejercicio intenso en sujetos masculinos. Sin embargo, Trombold y colaboradores (2011) reportaron que los extensores de rodilla en hombres entrenados en fuerza fueron relativamente resistentes al daño muscular (reducción del 15-20% en la fuerza isométrica frente a la pérdida del 25-35% de la fuerza isométrica del flexor del codo), lo que puede haber contribuido a la falta de efectos del polifenol de granada en los extensores de rodilla de este grupo. Sin embargo, en hombres recreacionalmente activos, la recuperación de la fuerza tanto del flexor del codo como del extensor de rodilla se mejoró mediante el consumo de concentrado de granada que proporcionó 650 mg de polifenoles una o dos veces al día durante 3 días antes del ejercicio (Machin et al., 2012; Trombold et al., 2010), lo que sugiere que esta dosis

más baja de polifenol fue igualmente efectiva en esta población. Cabe mencionar que el estudio de Machin et al. (2012) sólo se reportó como un resumen. La suplementación de arándanos consumida en forma de batido el día del ejercicio (1,360 mg de polifenoles) y durante 2 días de recuperación (420 mg de polifenoles/día) mejoró la recuperación de la fuerza del extensor de rodilla después de un ejercicio excéntrico unilateral en mujeres recreacionalmente activas (McLeay et al., 2012).

Los efectos de la suplementación con polifenol de cereza sobre el dolor muscular después del ejercicio intenso son mucho menos consistentes ya que la suplementación con MC redujo el dolor muscular después del ejercicio intenso en la mitad de los estudios publicados (Bell et al., 2016; Connolly et al., 2006; Kuehl et al., 2010; Levers et al., 2015), pero no en el resto de los estudios en los que se reportó dolor (Beals et al., 2017; Bowtell et al., 2011; Howatson et al., 2010; McCormick et al., 2016). La suplementación con granada redujo el dolor muscular después del ejercicio excéntrico del flexor del codo en hombres entrenados en fuerza (Trombold et al., 2011), pero no en otros músculos o estudios y la suplementación con arándanos no redujo el dolor muscular (McLeay et al., 2012). No hubo un patrón claro para explicar esta variación, pero los estudios no fueron consistentes en términos de control dietético, ya que algunos aseguraron que los participantes se abstuvieran del consumo de polifenoles antes de que comenzara el estudio y otros no. En tres estudios los efectos favorables en la recuperación de la fuerza muscular y el dolor fueron evidentes; en otros, se observaron efectos favorables en la función muscular pero no en el dolor. Por definición, el dolor es una medida altamente subjetiva incluso cuando la tolerancia al dolor por presión se mide con un algómetro, y aunque es importante para el rendimiento del atleta, es difícil de cuantificar de manera confiable y objetiva. La cuantificación de la inflamación dentro del músculo dañado en sí, junto con las medidas de dolor muscular, podría ser un paso importante para comprender mejor los efectos de los polifenoles.

APLICACIONES PRÁCTICAS

- Existen evidencias preliminares que sugieren que el consumo de ~300 mg de polifenoles en la hora previa al ejercicio puede mejorar la resistencia y el rendimiento del sprint repetido probablemente debido a una mejor irrigación muscular.
- La optimización de la recuperación después del ejercicio es imperativa durante el entrenamiento pesado y los programas de competencias donde el tiempo de recuperación es limitado. La evidencia actual sugiere que la suplementación con >1000 mg de polifenoles/día durante 3 o más días antes y después del ejercicio mejorará la recuperación después de eventos deportivos que produzcan daño muscular.
- Esta dosis de polifenoles se podría proporcionar consumiendo ~450 g de arándanos, 120 g de grosellas negras o 300 g de cerezas Montmorency (consulte la Tabla 1 y phenolexplorer.eu). Sin embargo, el contenido de polifenoles de las frutas varía considerablemente según las especies de plantas, las condiciones de crecimiento y el procesamiento posterior a la cosecha.
- Para asegurar el cumplimiento de los protocolos de suplementación los profesionales deben tener en cuenta las preferencias personales de sabores de sus atletas y las exigencias de su estilo de vida. Los suplementos de polifenol de fruta entera pueden proporcionar una fuente de polifenol más conveniente y consistente.

RESUMEN

En resumen, se ha demostrado que el consumo de jugo o concentrado de MC que proporciona 600 mg de polifenoles por la mañana y por la noche durante al menos 3 días antes del ejercicio y durante la recuperación, mejora

la recuperación de la función muscular. La protección del daño oxidativo en el músculo contraído y la supresión de la inflamación probablemente sean los mecanismos que sustentan estos efectos favorables. El consumo de ~300 mg de polifenoles derivados de la fruta en la hora anterior al ejercicio parece mejorar el rendimiento, muy probablemente a través de una mejoría en la irrigación muscular. Se requieren estudios adicionales para identificar la dosis, la frecuencia y la duración del consumo óptimo, así como para mejorar nuestra comprensión de los mecanismos de acción.

REFERENCIAS

- Allgrove, J., E. Farrell, M. Gleeson, G. Williamson, and K. Cooper (2011). Regular dark chocolate consumption's reduction of oxidative stress and increase of free-fatty-acid mobilization in response to prolonged cycling. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Met.* 21:113-123.
- Bailey, D.M., L. Lawrenson, J. McEneny, I.S. Young, P.E. James, S.K. Jackson, R.R. Henry, O. Mathieu-Costello, J.M. McCord, and R.S. Richardson (2007). Electron paramagnetic spectroscopic evidence of exercise-induced free radical accumulation in human skeletal muscle. *Free Radical Res.* 41:182-190.
- Beals, K., K.F. Allison, M. Darnell, M. Lovalekar, R. Baker, D.C. Nieman, et al. (2017). The effects of a tart cherry beverage on reducing exercise-induced muscle soreness. *Isokin. Exerc. Sci.* 25:53-63.
- Bell, P.G., I.H. Walshe, G.W. Davison, E. Stevenson, and G. Howatson (2014). Montmorency cherries reduce the oxidative stress and inflammatory responses to repeated days high-intensity stochastic cycling. *Nutrients* 6:829-843.
- Bell, P.G., I.H. Walshe, G.W. Davison, E.J. Stevenson, and G. Howatson (2015). Recovery facilitation with Montmorency cherries following high-intensity, metabolically challenging exercise. *Appl. Physiol. Nutr. Met.* 40:414-423.
- Bell, P.G., E. Stevenson, G.W. Davison, and G. Howatson (2016). The effects of Montmorency tart cherry concentrate supplementation on recovery following prolonged, intermittent exercise. *Nutrients* 8(7):E441.
- Bowtell, J.L., D.P. Sumners, A. Dyer, P. Fox, and K.N. Mileva (2011). Montmorency cherry juice reduces muscle damage caused by intensive strength exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 43:1544-1551.
- Bowtell, J.L. and V. Kelly (2019). Fruit-derived polyphenol supplementation for athlete recovery and performance. *Sports Med.* 2019.
- Braakhuis, A.J., W.G. Hopkins, and T.E. Lowe (2014). Effects of dietary antioxidants on training and performance in female runners. *Eur. J. Sport Sci.* 14:160-168.
- Cases, J., C. Romain, C. Marin-Pagan, L.H. Chung, J.M. Rubio-Perez, C. Laurent, S. Gaillet, E. Prost-Camus, M. Prost, and P.E. Alcaraz (2017). Supplementation with a polyphenol-rich extract, perflorad (r), improves physical performance during high-intensity exercise: a randomized, double blind, crossover trial. *Nutrients* 9(4):E421.
- Chalopin, M., A. Tesse, M.C. Martinez, D. Rognan, J.F. Arnal, and R. Andriantsitohaina (2010). Estrogen receptor alpha as a key target of red wine polyphenols action on the endothelium. *PLoS One* 5(1):e8554.
- Connolly, D.A., M.P. McHugh, and O.I. Padilla-Zakour (2006). Efficacy of a tart cherry juice blend in preventing the symptoms of muscle damage. *Br. J. Sports Med.* 40:679-683.
- Cook, M.D., S.D. Myers, S.D. Blacker, and M.E. Willems (2015). New Zealand blackcurrant extract improves cycling performance and fat oxidation in cyclists. *Eur. J. Appl. Physiol.* 115:2357-2365.
- Crozier, A., D. Del Rio, and M.N. Clifford (2010). Bioavailability of dietary flavonoids and phenolic compounds. *Mol. Asp. Med.* 31:446-467.
- Crum, E.M., A.M. Che Muhamed, M. Barnes, and S.R. Stannard (2017). The effect of acute pomegranate extract supplementation on oxygen uptake in highly-trained cyclists during high-intensity exercise in a high altitude environment. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 14:14.
- de Ferrars, R.M., C. Czank, Q. Zhang, N.P. Botting, P.A. Kroon, A. Cassidy, and C.D. Kay (2014). The pharmacokinetics of anthocyanins and their metabolites in humans. *Br. J. Pharmacol.* 171:3268-3282.
- Decroix, L., C. Tonoli, D.D. Soares, A. Descat, M.J. Drittij-Reijnders, A.R. Weseler, A. Bast, W. Stahl, E. Heyman, and R. Meeusen (2017). Acute cocoa flavanols intake has minimal effects on exercise-induced oxidative stress and nitric oxide production in healthy cyclists: a randomized controlled trial. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 14:28.

- Deley, G., D. Guillemet, F.A. Allaert, and N. Babault (2017). An acute dose of specific grape and apple polyphenols improves endurance performance: a randomized, crossover, double-blind versus placebo controlled study. *Nutrients* 9(8):E917.
- Duthie, G.G., P.T. Gardner, and J.A. Kyle (2003). Plant polyphenols: are they the new magic bullet? *Proc. Nutr. Soc.* 62:599-603.
- Esposito, D., A. Chen, M.H. Grace, S. Komarnytsky, and M.A. Lila (2014). Inhibitory effects of wild blueberry anthocyanins and other flavonoids on biomarkers of acute and chronic inflammation *in vitro*. *J. Agric. Food Chem.* 62:7022-7028.
- Godwin, C., M.D. Cook, and M.E.T. Willems (2017). Effect of New Zealand blackcurrant extract on performance during the running based anaerobic sprint test in trained youth and recreationally active male football players. *Sports* 5(3):E69.
- Howatson, G., M.P. McHugh, J.A. Hill, J. Brouner, A.P. Jewell, K.A. van Someren, R.E. Shave, and S.A. Howatson (2010). Influence of tart cherry juice on indices of recovery following marathon running. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 20:843-852.
- Huang, Y., W. Li, Z.Y. Su, and A.N. Kong (2015). The complexity of the Nrf2 pathway: beyond the antioxidant response. *J. Nutr. Biochem.* 26:1401-1413.
- Kay, C.D., L. Hooper, P.A. Kroon, E.B. Rimm, and A. Cassidy (2012). Relative impact of flavonoid composition, dose and structure on vascular function: A systematic review of randomised controlled trials of flavonoid-rich food products. *Mol. Nutr. Food Res.* 56:1605-1616.
- Keane, K.M., S.J. Bailey, A. Vanhatalo, A.M. Jones, and G. Howatson (2018). Effects of montmorency tart cherry (L-Prunus Cerasus) consumption on nitric oxide biomarkers and exercise performance. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 28:1746-1756.
- Kuehl, K.S., E.T. Perrier, D.L. Elliot, and J.C. Chesnutt (2010). Efficacy of tart cherry juice in reducing muscle pain during running: a randomized controlled trial. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 7:17.
- Levers, K., R. Dalton, E. Galvan, C. Goodenough, A. O'Connor, S. Simbo, N. Barringer, S.U. Mertens-Talcott, C. Rasmussen, M. Greenwood, S. Riechman, S. Crouse, and R.B. Kreider (2015). Effects of powdered Montmorency tart cherry supplementation on an acute bout of intense lower body strength exercise in resistance trained males. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 12:41.
- Machin, D.R., K.M. Christmas, T.H. Chou, S.C. Hill, D. Van Pelt, J.R. Trombold, and E.F. Coyle (2012). Dose response effects of pomegranate juice concentrate supplementation on DOMS. *Med. Sci. Sports Exerc.* 44:315 (abstract).
- Maraldi, T. (2013). Natural compounds as modulators of NADPH oxidases. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 13:271602.
- McCormick, R., P. Peeling, M. Binnie, B. Dawson, and M. Sim (2016). Effect of tart cherry juice on recovery and next day performance in well-trained Water Polo players. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 13:41.
- McLeay, Y., M.J. Barnes, T. Mundel, S.M. Hurst, R.D. Hurst, and S.R. Stannard (2012). Effect of New Zealand blueberry consumption on recovery from eccentric exercise-induced muscle damage. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 9(1):19.
- Morgan, P.T., M.J. Barton, and J.L. Bowtell (2019). Montmorency cherry supplementation improves 15-km cycling time-trial performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* E-pub ahead of print.
- Murphy, C.A., M.D. Cook, and M.E.T. Willems (2017). Effect of New Zealand blackcurrant extract on repeated cycling time trial performance. *Sports* 5(2):E25.
- Oh, J.K., Y.O. Shin, J.H. Yoon, S.H. Kim, H.C. Shin, and H.J. Hwang (2010). Effect of supplementation with Ecklonia cava polyphenol on endurance performance of college students. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Met.* 20:72-79.
- Oracz, J., D. Zyzewicz, and E. Nebesny (2015). The content of polyphenolic compounds in cocoa beans (*Theobroma cacao* L.), depending on variety, growing region, and processing operations: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 55:1176-1192.
- Peake, J.M., O. Neubauer, P.A. Della Gatta, and K. Nosaka (2017). Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *J. Appl. Physiol.* 122:559-570.
- Powers, S.K. and M.J. Jackson (2008). Exercise-induced oxidative stress: cellular mechanisms and impact on muscle force production. *Physiol. Rev.* 88:1243-1276.
- Perkins, I.C., S.A. Vine, S.D. Blacker, and M.E. Willems (2015). New Zealand blackcurrant extract improves high-intensity intermittent running. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Met.* 25:487-493.
- Ramirez-Sanchez, I., P.R. Taub, T.P. Ciaraldi, L. Nogueira, T. Coe, G. Perkins, M. Hogan, A.S. Maisel, R.R. Henry, G. Ceballos, and F. Villarreal (2013). (-)-Epicatechin rich cocoa mediated modulation of oxidative stress regulators in skeletal muscle of heart failure and type 2 diabetes patients. *Int. J. Cardiol.* 168:3982-3990.
- Richards, J.C., M.C. Lonac, T.K. Johnson, M.M. Schweder, and C. Bell (2010). Epigallocatechin-3-gallate increases maximal oxygen uptake in adult humans. *Med. Sci. Sports Exerc.* 42:739-744.
- Roelofs, E.J., A.E. Smith-Ryan, E.T. Trexler, K.R. Hirsch, and M.G. Mock (2017). Effects of pomegranate extract on blood flow and vessel diameter after high-intensity exercise in young, healthy adults. *Eur. J. Sport Sci.* 17:317-325.
- Trexler, E.T., A.E. Smith-Ryan, M.N. Melvin, E.J. Roelofs, and H.L. Wingfield (2014). Effects of pomegranate extract on blood flow and running time to exhaustion. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 39:1038-1042.
- Trinity, J.D., M.D. Pahnke, J.R. Trombold, and E.F. Coyle (2014). Impact of polyphenol antioxidants on cycling performance and cardiovascular function. *Nutrients* 6:1273-1292.
- Trombold, J.R., J.N. Barnes, L. Critchley, and E.F. Coyle (2010). Ellagitannin consumption improves strength recovery 2-3 d after eccentric exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 42:493-498.
- Trombold, J.R., A.S. Reinfeld, J.R. Casler, and E.F. Coyle (2011). The effect of pomegranate juice supplementation on strength and soreness after eccentric exercise. *J. Strength Cond. Res.* 25:1782-1788.
- Willems, M.E.T., L. Cousins, D. Williams, and S.D. Blacker (2016). Beneficial effects of New Zealand blackcurrant extract on maximal sprint speed during the Loughborough intermittent shuttle test. *Sports* 4(3):E42.

TRADUCCIÓN

Este artículo ha sido traducido y adaptado de: Joanna L. Bowtell; Jimmy T. Wangdi y Vincent G. Kelly. Fruit-derived polyphenol supplementation for performance and recovery. *Sports Science Exchange* (2019) Vol. 29, No. 195, 1-5. por Pedro Reinaldo García M.Sc.