



Revisión

¿Son efectivos los suplementos antioxidantes en la disminución del dolor muscular tardío? Una revisión sistemática

Ramón Candia-Luján^{1,2}, José Antonio De Paz Fernández² y Osvaldo Costa Moreira^{2,3}

¹Facultad de Ciencias de la Cultura Física, Universidad Autónoma de Chihuahua, México. ²Instituto de Ciencias Biomédicas (IBIOMED), Universidad de León, España. ³Instituto de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad de Viçosa, Brasil.

Resumen

Introducción: En los últimos años los suplementos antioxidantes han cobrado popularidad para contrarrestar los efectos de los radicales libres y los síntomas del daño muscular, entre los que se encuentra el dolor muscular tardío (DMT). **Objetivo:** realizar una revisión sistemática en diferentes bases de datos para conocer los efectos de los suplementos antioxidantes sobre el DMT.

Método: Se llevó a cabo una búsqueda en las bases de datos; Cochrane Library, Pubmed, Scopus y SportDiscus y la Web Of Science (WOS). Las palabras y acrónimos usados fueron; Delayed onset muscle soreness, exercise induced muscle damage, DOMS, EIMD, antioxidant y oxidative stress.

Resultados: Se identificaron 54 artículos de los cuales se recuperaron 48, todos ellos en inglés, 17 relacionados con la vitamina C y E, catorce corresponden a suplementos polifenólicos, once a otros suplementos antioxidantes y seis a suplementos comerciales todos ellos usados para combatir, entre otras variables, el DMT.

Conclusiones: Tanto las vitaminas como los suplementos comerciales presentan baja efectividad en la disminución del DMT, mientras que los polifenoles y otros suplementos antioxidantes muestran entre moderada y buena efectividad en el combate al DMT. Sin embargo, gran parte de los estudios presentan efectividad en la disminución de otros síntomas del daño muscular además de ayudar en la recuperación postejercicio.

(Nutr Hosp. 2015;31:32-45)

DOI:10.3305/nh.2015.31.1.8171

Palabras clave: Dolor muscular. Antioxidantes. Vitaminas. Polifenoles. Cafeína.

ARE ANTIOXIDANT SUPPLEMENTS EFFECTIVE IN REDUCING DELAYED ONSET MUSCLE SORENESS? A SYSTEMATIC REVIEW

Abstract

Introduction: In recent years, antioxidant supplements have become popular to counter the effects of free radicals and muscle damage symptoms, including delayed onset muscle soreness (DOMS).

Aim: To conduct a systematic review in different databases to determine the effects of antioxidant supplements on DOMS.

Methods: We conducted a search in databases; Cochrane, Pubmed, Scopus and SportDiscus and Web of Science (WOS). The words and acronyms used were; Delayed onset muscle soreness, exercise induced muscle damage, DOMS, EIMD, antioxidant and oxidative stress.

Results: 54 articles were identified of which 48 were retrieved, all in English, 17 related to vitamin C and E, supplements polyphenolic correspond to fourteen, eleven other antioxidant supplements and six to commercial supplements, all of them used to diminish the DOMS and other variables.

Conclusions: Both vitamins and commercial supplements have low effectiveness in reducing DOMS, while polyphenols and other antioxidant supplements show moderate to good effectiveness in combating DOMS. However, most of the studies have effectiveness in reducing other symptoms of muscle damage besides helping in the post-exercise recovery.

(Nutr Hosp. 2015;31:32-45)

DOI:10.3305/nh.2015.31.1.8171

Key words: Muscle soreness. Antioxidants. Vitamins. Polyphenols. Caffeine.

Correspondencia: Ramón Candia-Luján.
Facultad de Ciencias de la Cultura Física, Universidad Autónoma de Chihuahua. Campus Universitario 2, Chihuahua, Chih., México.
E-mail: rcandia@uach.mx

Recibido: 2-X-2014.
Aceptado: 5-XI-2014.

Introducción

El dolor muscular tardío (DMT) fue definido por Armstrong y cols.¹ como la sensación de incomodidad o dolor muscular que ocurre después de realizar ejercicios des acostumbrados. Dicho dolor lo pueden sufrir tanto personas que no practican deporte con regularidad como los deportistas². Los atletas lo pueden sufrir sobre todo al inicio de la temporada, cuando el entrenamiento intenso es reintroducido después de un periodo de relativa calma³. Este dolor presenta su máxima intensidad entre las 24 y 48 horas después de haber realizado el ejercicio, durando entre 7 y 10 días⁴, se agrava cuando en la actividad física existe un mayor contenido de acciones excéntricas (EXC), como por ejemplo bajar un peso o descender por una escalera⁵.

A través de los años han surgido diferentes teorías acerca de cómo se produce el DMT, quizás la más popular es la acumulación de ácido láctico⁶, aunque el bajo coste energético de las acciones excéntricas y la cinética del ácido láctico en el organismo la ponen en duda⁷. Por su parte De Vries y cols.⁸ propusieron la teoría del espasmo muscular la cual también ha sido puesta en duda con la utilización de la electromiografía bipolar. La teoría de la ruptura del tejido conectivo⁹ la del daño muscular¹⁰, la extravasación de enzimas¹¹ y la inflamación¹² aún continúan vigentes.

Sin embargo, para Lewis y cols.¹³ solo con la interacción de varias teorías se puede explicar el DMT.

Por su parte Conolly y cols.¹⁴ proponen una serie de eventos asociados con el DMT (Figura 1) donde el ejercicio produce daño a la membrana celular, iniciado una respuesta inflamatoria que lleva a la síntesis de prostaglandina E_2 y leucotrienos. Las Prostaglandinas E_2 causan directamente la sensación de dolor mientras que los leucotrienos incrementan la permeabilidad vascular y atraen a los neutrófilos al sitio dañado. Los neutrófilos generan radicales libres (principalmente especies de oxígeno reactivo (ROS), por sus siglas en inglés Reactive Oxygen Species) lo que puede exacerbar el daño de la célula muscular, aunque existen discrepancias en la literatura con respecto a este tema¹⁵. La hinchazón de las células resulta del movimiento del fluido del torrente sanguíneo al espacio intersticial por lo que esto puede contribuir a la sensación de dolor.

Aparte de la producción de radicales libres y dolor, provocado por el ejercicio excéntrico des acostumbrado o de alta intensidad, también existe un incremento de los niveles de la proteína CK en sangre¹⁶, hinchazón, rigidez muscular, pérdida de fuerza y disminución del rango articular (ROM por sus siglas en inglés Range Of Motion)¹⁷.

Indudablemente el DMT tiene efectos negativos sobre el desempeño de deportistas así como de personas que practican actividad física de forma esporádica. Aunque ya se tiene conocimiento del DMT desde hace mucho tiempo, es en los últimos años cuando se han llevado a cabo una gran cantidad de estudios donde han

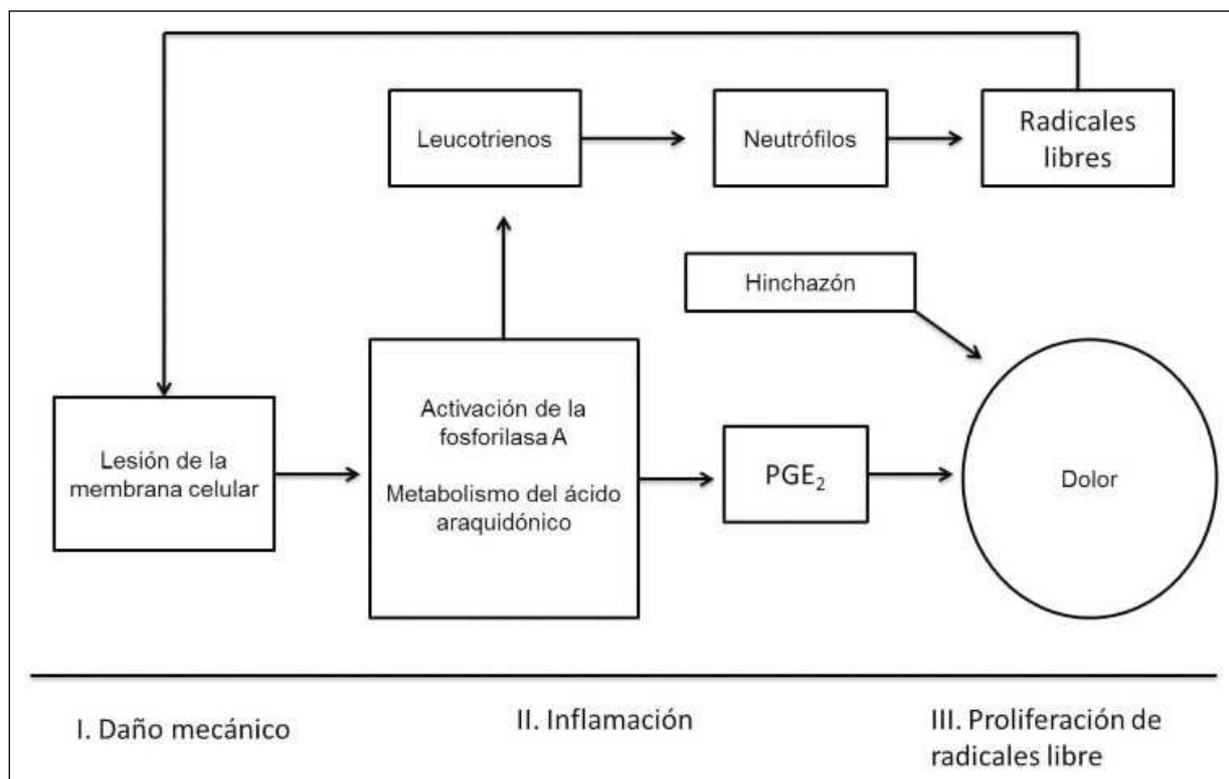


Fig. 1.—Esquema que muestra la posible secuencia (daño mecánico, inflamación y proliferación de radicales libres) del Dolor Muscular Tardío. PGE₂ = Prostaglandina E₂ (Connolly y cols.¹⁴).

utilizado diversas estrategias con el objetivo de aminorarlo, ya sea de forma profiláctica o terapéutica, entre las que encontramos la utilización de las vibraciones¹⁸, la hidroterapia¹⁹, el masaje²⁰, los antiinflamatorios no esteroideos²¹, los antiinflamatorios naturales²², entre otras. Sin embargo, son los suplementos antioxidantes, usados como estrategia para disminuir el DMT, quienes han cobrado mayor relevancia en los últimos años.

Los antioxidantes son compuestos químicos que donan electrones o átomos de hidrógeno para transformar las ROS o radicales libres en compuestos mucho más estables²³, protegiendo de esta forma a las células del daño causado por dichos compuestos. Se clasifican en antioxidantes enzimáticos (superóxido dismutasa, catalasa, glutatión peroxidasa y melatonina) y no enzimáticos (Vitamina A, C y E, polifenoles, flavonoides y otros)²⁴. Thompson y McNaughton²⁵ proponen un esquema de la interacción de los antioxidantes y los radicales libres (Figura 2).

Por todo lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo realizar una revisión bibliográfica en las principales bases de datos relacionadas con la salud para conocer el efecto de los suplementos antioxidantes en la disminución del dolor muscular tardío.

Estrategia de busque de los artículos

La búsqueda de artículos se llevó a cabo, entre los meses de julio y agosto del 2014, en las bases de datos; Cochrane Library, PubMed, Scopus, SportDiscus

y la Web Of Science (WOS). Las palabras usadas fueron; *delayed onset muscle soreness, exercise induced muscle damage*, los acrónimos DOMS y EMID, solas y combinadas con las palabras *antioxidant* y *oxidative stress*. Los criterios de inclusión para la selección de los artículos fueron los siguientes: que fueran estudios originales, que el antioxidante utilizado en el estudio fuera no enzimático, investigaciones llevadas a cabo en humanos y que estuvieran publicados en revistas periódicas, en castellano o inglés, sin restricción en la fecha de publicación.

Los pasos seguidos para la selección de los artículos fueron: primero, identificar que en el título hubiera un antioxidante en la prevención o tratamiento del daño muscular, posteriormente en el resumen se verificaba que el dolor muscular fuera una de las variables cuantificadas, si así era, entonces se procedía a la recuperación del artículo para un análisis posterior.

Resultados

Se identificaron 54 artículos, excluyéndose 4 del análisis ya que estaban publicados en tesis, cartel o conferencia, por lo que quedaron 48. En el 35% de los estudios analizados se utilizó un diseño de investigación doble ciego cruzado, con periodos de blanqueo que oscilaban entre 5 días y tres semanas, en el resto de los estudios se usó un diseño doble ciego sencillo. Para la cuantificación del dolor se utilizó principalmente una escala visual análoga (92%), y en el resto de las

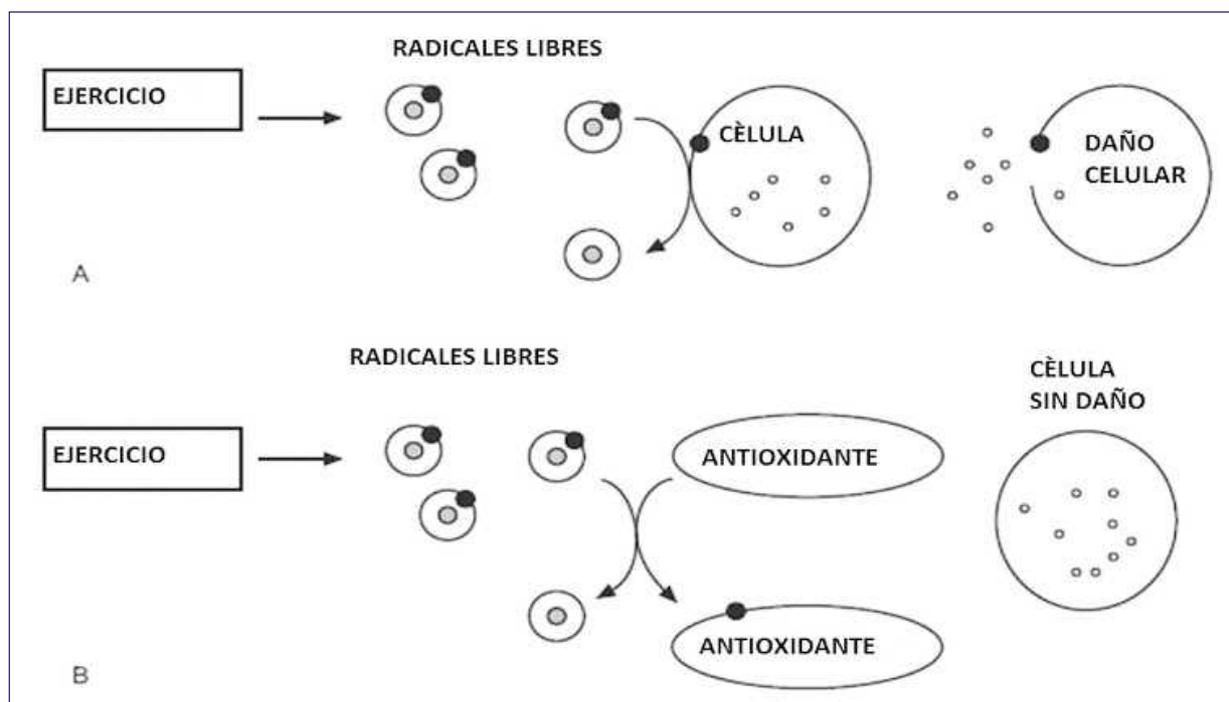


Fig. 2.— Diagrama esquemático que muestra la relación potencial entre los radicales libres y los antioxidantes. (A) El ejercicio incrementa la producción de radicales libres, los cuales pueden dañar los componentes de la célula. (B) Los antioxidantes son capaces de prevenir el daño de la célula eliminando los radicales libres (Thompson y cols.²⁵).

investigaciones de utilizó el algómetro y otras escalas como la funcional del miembro inferior, la de Borg y la descriptora diferencial de dolor. Todos los artículos están en inglés. La cuantificación del DMT varió en el número de mediciones (de una hasta siete veces) y en la distribución en el tiempo (desde 0 h hasta 14 días después del ejercicio). En cuanto a la administración del suplemento, en ~ 30% de los estudios la ingesta fue antes de realizar el ejercicio, en solo un estudio la administración fue exclusivamente después del ejercicio y el restante 67% fue antes y después de haber realizado la actividad física.

En este estudio la clasificación de los suplementos se presentan en la forma propuesta por Devagasayam y cols.²⁶; vitaminas, componentes fenólicos, otros componentes y por último están los alimentos funcionales, aunque en esta revisión se incluyó en lugar de estos últimos los suplementos antioxidantes comerciales.

Las vitaminas antioxidantes y el DMT

La vitamina C (ácido ascórbico) y la E (tocoferol) son de los antioxidantes más usados, considerados esenciales, ya que no pueden ser sintetizados por los mamíferos y por lo tanto son requeridos en la dieta²⁷. Gran parte de los estudios de antioxidantes y DMT se han enfocado al uso de estas vitaminas²¹. En la presente revisión se identificaron 17 artículos²⁸⁻⁴⁴ donde usaron estas vitaminas en la prevención y/o tratamiento del DMT (Tabla I), en siete se usó la C y en tres la E, en la siete restantes se utilizó las vitaminas combinadas entre sí o con otras terapias.

Close y cols.²⁹ compararon el DMT de un grupo que ingirió vitamina C (Vit C) con un grupo que tomó un placebo, a los sujetos les produjeron el dolor muscular con una carrera cuesta bajo durante 30 min a 60% del VO₂, aunque hubo diferencia del dolor muscular a las 24, 48 y 96 h después de haber realizado el ejercicio en los dos grupos, no encontraron diferencia entre los grupos. Connolly y cols.³⁰ suplementaron a un grupo de sujetos con Vit C por un espacio de ocho días y tampoco encontraron diferencia del DMT con un grupo que consumió un placebo. En su estudio Nie Lin³² probaron la efectividad de la Vit C en un grupo de jugadores de baloncesto que realizaron 150 sentadillas completas y 300 sentadillas medias con una carga de 10 kg, no encontraron diferencia entre el grupo experimental y el control con respecto al DMT. Por su parte Thompson y cols.³³ examinaron el uso preventivo de la Vit C en un grupo de jóvenes activos, con un diseño doble ciego cruzado, para producir el dolor usaron una prueba intermitente de 90 min de duración. No encontraron diferencia del DMT cuando consumieron la Vit C y cuando tomaron el placebo.

Bryer y Golfard²⁸ reportan que el grupo que jóvenes (n= 10) que ingirió Vit C presentaban menor DMT, inmediatamente, a las cuatro y a las 24 h después de realizar el ejercicio, en comparación con un grupo control

Tabla I
Resumen de los artículos del efecto de las vitaminas (C y E) sobre el dolor muscular tardío (DMT)

Autor (es)	Producto	Dosis	Muestra	Producción DMT	Administración Tratamiento	Efecto sobre el DMT	Conclusiones del estudio
Bryer y Goldfarb 2006 ²⁸	Vit C	3gr	18 hombres	70 EXC Brazos	2 semanas antes 4 días después	↓	El consumo de altas dosis de vitamina C pueden atenuar el dolor muscular pero tiene poco efecto sobre el ROM
Close y cols. 2006 ²⁹	Vit C	1 gr	20 hombres	CTR declinado -15%	2 h antes y durante 14 días	↔	El ácido ascórbico atenúa la producción de ROS sin afectar el DMT
Connolly y cols. 2006 ³⁰	Vit C	3 gr-día ⁻¹	13 mujeres 11 hombres	2 X 20 EXC brazos	3 días antes 5 después	↔	El consumo de vitamina C no es efectivo para proteger contra los marcadores del DMT
Kaminski y Boal 1992 ³¹	Vit C	3 gr-día ⁻¹	6 mujeres 13 hombres	15 min de ejercicio pantorrilla	3 días antes 7 después	↓	El ácido ascórbico reduce significativamente el DMT después de un ejercicio extenuante
Nie y Lin 2004 ³²	Vit C	800 mg	16 hombres	10 series de sentadillas	3 h antes y 21 después	↔	La suplementación con vitamina C quizás proteja del daño muscular pero no del DMT

Tabla I (cont)
Resumen de los artículos del efecto de las vitaminas (C y E) sobre el dolor muscular tardío (DMT)

Autor (es)	Producto	Dosis	Muestra	Producción DMT	Administración Tratamiento	Efecto sobre el DMT	Conclusiones del estudio
Thompson y cols. 2001 ³³	Vit C	1 gr	9 hombres	Prueba LIST	2 h antes	↔	La falta de efectos benéficos pudo ser por el tiempo inapropiado de la aplicación
Thompson y cols. 2001 ³⁴	Vit C	200 mg	16 hombres	Carrera intermitente	14 días antes	↓	La suplementación tiene efectos benéficos modestos en la recuperación
Avery y cols. 2003 ³⁵	Vit E	1200 UI	18 hombres	4 X 10 ejercicios de brazos y piernas	21 días antes 3 después	↔	Los resultados no apoyan que la suplementación sea benéfica para individuos entrenados
Beaton y cols. 2002 ³⁶	Vit E	1200 UI	18 hombres	24 X 10 EXC pierna	30 días antes	↔	La suplementación con Vitamina E no tiene efectos sobre el índice de daño muscular e inflamación
Silva y cols. 2010 ³⁷	Vit E	800 UI	21 hombres	3 series ISO de brazos hasta el agotamiento	14 días antes 7 después	↓	La suplementación representa un factor importante en la defensa contra el daño muscular y estrés oxidativo
Bailey y cols. 2011 ³⁸	Vit C y Vit E	Vit C 400 mg Vit E 268 mg	38 hombres	Carrera intermitente	6 semanas antes y 2 días después	↔	No hubo beneficio en la recuperación con la suplementación
Bloomer 2004 ³⁹	Vit C y Vit E	Vit C 1 gr Vit E 400 UI	18 mujeres	4 X 12 EXC brazo	14 días antes 3 después	↓	La suplementación puede ayudar a reducir la CK y el DMT
Shafat y cols. 2004 ⁴⁰	Vit C y Vit E	Vit C 500 mg Vit E 1200 UI	12 hombres	30 X 10 EXC pierna	30 días antes 7 después	↔	El consumo de vitamina C y E disminuye el déficit de la función muscular
Theodorou y cols. 2011 ⁴¹	Vit C y Vit E	Vit C 1 gr Vit E 400 UI	28 hombres	5 X 15 EXC pierna	11 semanas	↔	La falta de resultados cuestiona el uso de suplementos antioxidantes
Childs y cols. 2001 ⁴²	Vit C y NAC	Vit C 12.5 NAC 10 mg	14 hombres	3X10 EXC brazo	Durante 7 días después	↔	Este es un modelo para poner a prueba la interacción de los antioxidantes durante la fase aguda inflamatoria
Ali y cols. 2012 ⁴³	Vit C, Est. y US	750 mg·día ⁻¹	16 hombres	50 EXC brazos	3 días antes 1 después	↓	La aplicación combinada de estos tratamientos atenúa los síntomas del daño muscular
Luden y cols. 2007 ⁴⁴	Vit C, E, CHO y Prot	Vit C 872 mg Vit E 472 mg	12 mujeres 11 hombres	Carrera campo travesía	6 días antes	↓	El DMT fue menor con el consumo de CHO, Proteína y vitamina

↓= Disminución del dolor muscular del grupo experimental, ↔ = Sin diferencia de dolor muscular entre el grupo experimental y control, CHO = Carbohidrato, CK = Creatinina, Est. = estiramiento, EXC = Acciones Excéntricas, DMT = Dolor Muscular Tardío, LIST = Loughborough Intermittent Shuttle Test, NAC = N-acetilcisteína, Prot = Proteína, ROM = Rango de Movimiento, ROS = Especies Reactiva de Oxígeno, US = Ultrasonido, Vit = Vitamina. **Nota.** La aplicación del tratamiento es con respecto a la ejecución del ejercicio

(n= 8). Kaminski y Boal³¹ suplementaron a un grupo de 19 sujetos con Vit C y vieron que el DMT era menor, entre un 25-44%, que cuando usaron un placebo. Thompson y cols.³⁴ encontraron que la ingesta de Vit C durante 14 días antes de una prueba extenuante disminuye de forma modesta el DMT en comparación con la ingesta de un placebo.

En cuanto a la vitamina E (Vit E) en el tratamiento del DMT, Avery y cols.³⁵ realizaron un estudio que tuvo como objetivo examinar los efectos de la suplementación con Vit E sobre la recuperación después de sesiones repetidas de entrenamiento con resistencia. No encontraron diferencia en la percepción del DMT entre los sujetos que consumieron la Vit E y los del grupo control. Beaton y cols.³⁶ tampoco encontraron efectos positivos sobre el DMT con la administración de la Vit E 30 días antes del ejercicio. Resultados opuestos reportan Silva y cols.³⁷ en su estudio, en el cual compararon un grupo de sujetos que ingirió Vit E y uno que ingirió un placebo durante 14 días antes del ejercicio y 7 días después. El grupo experimental mostró menor dolor muscular a los 4 y 7 días después de haber realizado el ejercicio.

También se han llevado a cabo estudios donde se administra la vitamina C y la E combinada para conocer sus efectos sobre el DMT. En su investigación Shafat y cols.⁴⁰ suplementaron a un grupo con Vit C y Vit E y a otro con un placebo durante 37 días, realizaron ejercicio excéntrico de piernas, ambos grupos presentaron un dolor muscular mayor que el pretest en los seis días después del ejercicio, al séptimo día el dolor muscular fue igual que el pretest, no hubo diferencia entre los grupos. Un grupo de sujetos participantes en el estudio de Theodorou y cols.⁴¹ consumieron Vit C y Vit E durante 11 semanas, fue comparado con un grupo que consumió un placebo, no hubo diferencia del DMT entre ambos grupos después de realizar ejercicio excéntrico. Bailey y cols.³⁸ tampoco encontraron resultados positivos en su estudio. Por su parte Bloomer³⁹ encontraron que después de 2, 24 y 48 h el dolor muscular era menor en un grupo tratado con 1 gr de Vit C y 400 UI de Vit E en comparación con el grupo control.

La ingesta de una bebida de carbohidratos con proteínas enriquecida con Vit C y Vit E, ha mostrado ser efectiva en la disminución del DMT en un grupo de corredores universitarios de campo traviesa⁴⁴. Por su parte Ali y cols.⁴³ combinaron la Vit C con estiramiento y el ultrasonido, 24 h después de haber realizado ejercicio el grupo experimental presentaba menor dolor muscular que el grupo control. Sin embargo, Childs y cols.⁴² investigaron la ingesta de la Vit C combinada con la N-acetil-cisteína durante siete días después del ejercicio, no encontraron efectos positivos en la disminución del DMT.

Conclusiones: De acuerdo con los artículos analizados podemos concluir, en primer lugar que la suplementación con Vit C ayuda poco en la disminución del DMT, sin embargo, puede proteger del daño muscular con la reducción de radicales libre. En ese mismo sen-

tido esta la suplementación con Vit E y sus efectos sobre el DMT, aunque al parecer tampoco protege contra el daño muscular, a diferencia de la vitamina C que sí lo hace. Cuando se combinan ambas vitaminas en la suplementación parece tener mejores resultados en la disminución del DMT. También cuando alguna de las vitaminas se combina con otro tipo de terapia disminuye en mayor medida el DMT, aunque en estos casos es difícil determinar en qué proporción afecta cada una de las estrategias utilizadas.

Los suplementos polifenoles y el DMT

Los polifenoles son los antioxidantes más abundantes en la dieta, más que la Vit C y la Vit E, su principal fuente son las frutas y las bebidas provenientes de los vegetales⁴⁵. Se conocen varios cientos de polifenoles. Los dos principales tipos son los flavonoides y los ácidos fenólicos⁴⁶. Se encontraron 14 artículos⁴⁷⁻⁶⁰ relativos a los efectos de la suplementación con antioxidantes polifenólicos y el dolor muscular (Tabla II).

La capacidad antioxidante de la cereza ha sido ampliamente investigada usando diversas estrategias metodológicas⁶¹. Dicha actividad antioxidante está altamente correlacionada con el contenido de fenoles⁶².

Connolly y cols.⁴⁷ reportan que los sujetos de su estudio que consumieron jugo de cereza tuvieron la máxima intensidad de DMT 24 h después del ejercicio y después fue descendiendo, mientras los del grupo control después de 24 h el DMT seguía aumentando. Kuehl y cols.⁴⁹ realizaron su estudio con corredores de larga distancia donde compararon a un grupo que consumió jugo de cereza (n = 26) y otro que consumió un placebo (n = 25) y su efecto sobre el dolor. Después de la carrera ambos grupos reportaron más dolor, sin embargo, el incremento en el grupo experimental fue menor. En cambio Howatson y cols.⁴⁸ no encontraron efectividad con el consumo de jugo de cereza para disminuir el DMT en corredores de maratón.

En los últimos años la granada ha llamado la atención por sus beneficios en la salud. En la década pasada, numerosos estudios acerca de la actividad antioxidante mostraron que la granada contiene altos niveles de antioxidante debido, principalmente, a su contenido de polifenoles. Dicho nivel antioxidante es más alto que el encontrado en otros jugos de frutas y bebidas⁶³. Trombold y cols.⁵⁶ realizaron un estudio donde tenían como objetivo determinar si la suplementación con jugo de granada mejoraba la recuperación del músculo esquelético después de una sesión de entrenamiento exhaustivo, reportan que además de acelerar la recuperación los sujetos presentaban menor DMT con la suplementación con jugo de granada. Ya antes Trombold y cols.⁵⁴ habían hecho un estudio en el que habían analizado el elagitanino (ET), un polifenol presente en diversas frutas, extraído del jugo de granada y sus efectos sobre el DMT⁶⁴, en los resultados encontraron que los sujetos que ingirieron ET presentaban menor

Tabla II
Resumen de los artículos del efecto de suplementos fenólicos sobre el dolor muscular tardío (DMT)

Autor (es)	Producto	Dosis	Muestra	Producción DMT	Administración Tratamiento	Efecto sobre el DMT	Conclusiones del estudio
Connolly y cols. 2006 ⁴⁷	Jugo de cereza	12 onzas	14 hombres	EXC Brazos	4 días antes 4 después	↓	El consumo de jugo de cereza antes y después del EXC reduce los síntomas del daño
Howatson y cols. 2010 ⁴⁸	Jugo de cereza	8 onzas	7 mujeres 13 hombres	Carrera de maratón	5 días antes 3 después	↔	El jugo provee un medio para ayudar en la recuperación
Kuehl y cols. 2010 ⁴⁹	Jugo de cereza	10,5 onzas	18 mujeres 36 hombres	Carrera (~ 26 km)	7 días antes y el día la carrera	↓	El consumo de jugo de cereza reduce los síntomas del daño muscular
Su y cols. 2008 ⁵⁰	Alicina	80 mg	8 mujeres 8 hombres	CTR	2 semanas antes	↓	La alicina es un agente potencial para reducir el daño muscular
McLeay y cols. 2012 ⁵¹	Arándano	200 gr	10 mujeres	300 EXC cuádriceps	5 y 10 h antes y 12 y 36 después	↓	La ingesta de arándano antes y después del EXC acelera la recuperación
Bloomer y cols. 2005 ⁵²	Astanxatina	4 mg	20 hombres	10 X 10 EXC	3 semanas antes	↔	Las astanxatina no afecta favorablemente los marcadores indirectos del daño muscular
Meamarbashi y Rajabi 2014 ⁵³	Azafrán	300 mg-día-1	39 hombres	4 X 20 EXC	Una semana antes y 3 días después	↓	Efecto preventivo del consumo de azafrán en el DMT
Trombold y cols. 2010 ⁵⁴	Elagitanino	480 ml de bebida	16 hombres	Isicnético EXC codo	5 días antes 4 después	↓	Menor DM a las dos horas de la recuperación, sin diferencia después
Lenn y cols. 2002 ⁵⁵	Isoflavonas	120 mg de soya	10 hombres 6 mujeres	50 EXC brazo	30 días antes	↔	Las isoflavonas no son efectivas para aminorar el DMT
Trombold y cols. 2011 ⁵⁶	Jugo de granada	500 ml-día-1	17 hombres	2 series hasta la falla	7 días antes 8 después	↓	El consumo de jugo de granada disminuye la debilidad y acelera la recuperación de la fuerza muscular
Roengrit y cols. 2014 ⁵⁷	Phyllanthus Amarus (PA)	100 mg	12 hombres	20 min en cicloergómetro	20 min y durante 2 días después	↓	La suplementación con PA reduce el estrés oxidativo y el dolor muscular provocado por el ejercicio intenso
O'Fallon y cols. 2012 ⁵⁸	Quercetina	1gr-día-1	15 mujeres 15 hombres	24 EXC máximas de brazos	7 días antes	↔	No atenúa las consecuencias negativas del ejercicio extenuante
Laupheimer y cols. 2014 ⁵⁹	Resveratrol	600 mg	7 hombres	Carrera de maratón	7 días antes	↔	No hubo diferencia en la respuesta inmune o DMT entre el resveratrol y el placebo después del maratón
Meamarbashi y Fahad 2011 ⁶⁰	Verdolaga	1200 mgr-día-1	20 hombres	Subir y bajar de un banco de 50 cm de altura	72 h antes 48 después	↓	El extracto de verdolaga reduce las variables bioquímicas y clínicas del DMT

↓= Disminución del dolor muscular del grupo experimental, ↔ = Sin diferencia de dolor muscular entre el grupo experimental y control, BCAA = Aminoácidos de cadena ramificada, CHO = Carbohidrato, CTR = Carrera en Tapiz Rodante, CK = Creatinina, EXC = Acciones Excéntricas, DMT = Dolor Muscular Tardío, EGCG = Epilocatequina-3-Galata. **Nota.** La aplicación del tratamiento es con respecto a la ejecución del ejercicio

dolor muscular a las dos horas de haber realizado el ejercicio.

Está ampliamente documentado el perfil fenólico y la composición cuantitativa del arándano así como su capacidad antioxidante⁶⁵ la cual ha sido ponderada positivamente por su alta actividad⁶⁶. En cuanto al efecto del arándano sobre el DMT McLeay y cols.⁵¹ hicieron un estudio con diseño doble ciego y cruzado con la cereza como tratamiento, la duración entre las dos pruebas fue de cinco días, participaron diez mujeres que realizaron 3 series de 100 repeticiones excéntricas de los cuádriceps. Reportan que el consumo de arándano antes y después realizar una prueba extenuante ayuda en la recuperación de los sujetos y disminuye el DMT.

El azafrán es ampliamente utilizado como condimento y colorante de comidas y en menor medida como tinte textil o ingrediente en perfumería. Ha sido utilizada como hierba medicinal para el tratamiento de diversas enfermedades debido a sus propiedades sedantes y analgésicos⁶⁷. También se ha demostrado que tiene actividad antioxidante por su contenido del flavonoide kaempferol⁶⁸. Meamarbashi y Rajabi⁵³ compararon un grupo que consumió azafrán durante diez días, otro que consumió la indometacina (antiinflamatorio no esteroideo) y un grupo control, encontraron que los sujetos que consumieron azafrán no presentaron dolor muscular mientras que los de indometacina lo experimentaron en la 72 horas después del ejercicio.

Otra planta que ha tenido uso medicinal a través de los años es el ajo. Dicha especia contiene alicina que aparte de ser la responsable de su olor y sabor, al parecer también es responsable de los beneficios sobre la salud, a menudo se le atribuye una elevada actividad antioxidante⁶⁹. En atletas entrenados la ingesta de 80 mg de alicina por día durante dos semanas antes de realizar una prueba en tapiz rodante, con un declive de -10%, y dos días después disminuía la precepción del DMT inmediatamente, a las 24 y 48 h después de haber realizado el ejercicio⁵⁰.

La astaxantina es un pigmento carotenoide de color rojo, es un poderoso antioxidante que se encuentra en una gran cantidad de seres vivos como microalgas, hongos, plantas complejas y crustáceos⁷⁰. En cuanto al efecto de la astaxantina sobre el DMT Bloomer y cols.⁵² no encontraron efectos positivos con la ingesta de 4 mg 3 semanas antes y 4 días después de una prueba de ejercicio excéntrico. La respuesta al ejercicio del DMT fue similar para el grupo que consumió astaxantina y el grupo que ingirió un placebo.

Los flavonoides son constituyentes normales de la dieta humana, algunos de ellos actúan como inhibidores enzimáticos y antioxidantes⁷¹. La soya es una fuente importante de las isoflavonas genisteína y daidzeína que contribuyen a la disminución oxidativa de las lipoproteínas de baja densidad⁷². Lenn y cols.⁵⁵ compararon a un grupo que consumió aceite de pescado, otro que ingirió isoflavonas de la soya aislada y un grupo control y evaluaron sus efectos sobre diversas varia-

bles, entre la que se encuentra el DMT, no encontraron diferencia en ninguna de las variables evaluadas.

Phyllanthus Amarus (PA) es una planta con tallo corto y rígido, se encuentra en algunas partes del sur de la India, Florida, México y toda América del Sur, se utiliza en el sistema de medicina ayurvédica para combatir trastornos hepáticos⁷³. La PA ha mostrado un significativo potencial en la eliminación de radicales libres y en la inhibición de la peroxidación lipídica⁷⁴. Roengrit y cols.⁵⁷ llevaron a cabo un estudio con diseño doble ciego para evaluar los efectos del consumo de PA sobre el estrés oxidativo, daño muscular, inflamación y dolor muscular después de una sesión de entrenamiento intenso. Entre sus resultados destaca que a las 48 h de haber realizado ejercicio con el consumo de PA el DMT era menor.

La quercetina es un flavonoide natural y se ha demostrado que tiene potencial antioxidante, se encuentra en altas cantidades en frutas y vegetales⁷⁵. En cuanto a su efecto sobre el DMT O'Fallon y cols.⁵⁸ no encontraron efecto positivo con su administración profiláctica en hombres y mujeres sometidos a ejercicio excéntrico intenso. El resveratrol es conocido por su amplio rango como mediador intracelular, está presente en diversos alimentos y bebidas de origen vegetal, es una fitoalexina producida naturalmente por los frutos y las hojas de las plantas comestibles, cacahuetes, moras, uvas y vino tinto. Se ha encontrado que el resveratrol tiene una actividad antioxidante efectiva⁷⁶. Laupheimer y cols.⁵⁹ analizaron los efectos del resveratrol sobre el DMT en un grupo de corredores de maratón y no encontraron diferencia entre los que lo consumieron y los que consumieron una bebida placebo.

Aparte de contener una alta cantidad de aminoácidos, la verdolaga ha sido reportada como una fuente importante de α -tocoferol, ácido ascórbico y β -caroteno, por lo que tiene altas propiedades nutritivas y antioxidantes⁷⁷. Meamarbashi y Farhad⁶⁰ realizaron un estudio con el objetivo de determinar los efectos preventivos del extracto de verdolaga sobre el DMT después de una sesión de entrenamiento excéntrico. Los sujetos tratados con el extracto de verdolaga presentaron menor DMT a las 48 h, en comparación con el grupo control.

Conclusión: Con respecto a la ingesta de suplementos polifenólicos para contrarrestar el DMT, parece ser que tienen una alta efectividad, sobre todo el jugo de cereza, además ayudan en la recuperación después de una sesión de ejercicios extenuante. También la granada o sus componentes muestran ser efectivos en la disminución del DMT.

Suplementos con otros componentes antioxidantes y el DMT

Se encontraron 11 artículos⁷⁷⁻⁸⁸ donde se suplementó a los sujetos con otro tipo de antioxidante, entre los que destacan la cafeína, el cacao y la taurina (Tabla III).

Tabla III
Resumen de los artículos del efecto de otros suplementos antioxidantes sobre el dolor muscular tardío (DMT)

Autor (es)	Producto	Dosis	Muestra	Producción DMT	Administración Tratamiento	Efecto sobre el DMT	Conclusiones del estudio
McBrier y cols. 2010 ⁷⁸	Cacao	330 ml	7 hombres	CTR	2 h después y antes de acostarse	↓	El consumo de la bebida fue efectivo en la disminución del DMT
Peschek y cols. 2013 ⁷⁹	Cacao	350 mg	8 hombres	CTR (5 km)	1 h antes 2 después	↔	La adición de cacao no aporta beneficios adicionales
Maridakis y cols. 2007 ⁸⁰	Cafena	5 mg·kg ⁻¹	9 mujeres	64 EXC Estimulación eléctrica	24 y 48 h después	↓	Hubo una gran reducción del dolor durante la contracción voluntaria máxima
Hurley y cols. 2013 ⁸¹	Cafena	5 mg·kg ⁻¹	12 hombres	5 series de ejercicio de brazos	1 h antes	↓	Uno de los efectos beneficios de la ingesta de cafeína es la atenuación del DMT
Nobahar 2013 ⁸²	Cafena	1 mg·kg ⁻¹	24 mujeres	Salto desde 1 m de altura	24, 12 y 0 h antes. 0, 12 h después	↓	El consumo de cafeína tiene efectos positivos sobre la percepción del dolor después del ECC
Nobahar 2014 ⁸³	Cafena	1 mg·kg ⁻¹	16 mujeres	Salto desde 1 m de altura	12 y 24 h antes	↓	Efectos positivos de la cafeína en la reducción del DMT
da Silva y cols. 2014 ⁸⁴	Taurina	SD	21 hombres	3 series EXC de brazos el agotamiento	14 días antes	↓	La taurina mejora el desempeño pero no disminuye la respuesta inflamatoria
Ra y cols. 2013 ⁸⁵	Taurina y BCAA	Taurina 2 gr BCAA 3.2 gr	36 hombres	6 X 5 EXC brazos	2 semanas antes	↓	La combinación de BCAA y taurina atenúan el daño y DMT
Kingsley y cols. 2006 ⁸⁶	PS	750 mg· día ⁻¹	8 hombres	Carrera cuesta bajo	7 días antes 3 después	↔	La suplementación no atenúa el DMT, ni los marcadores del daño muscular
Kerksick y cols. 2009 ⁸⁷	NAC y EGCG	1800 mg	30 hombres	10 X 10 EXC	14 días antes	↓	Menor dolor que el placebo a las 24 h
Arent y cols. 2010 ⁸⁸	Té Negro	350 mg	18 hombres	Test de Wingate	7 días antes 2 después	↓	Incremento en el desempeño y decremento de los marcadores del estrés oxidativo

↓ = Disminución del dolor muscular del grupo experimental, ↔ = Sin diferencia de dolor muscular entre el grupo experimental y control, BCAA = Aminoácidos de cadena ramificada, CHO = Carbohidrato, CTR = Carrera en Tapiz Rodante, CK = Creatinina, EXC = Acciones Excéntricas, DMT = Dolor Muscular Tardío, EGCG = Epigallocatequina-3-Galata, PS = Fosfatidilserina
Nota. La aplicación del tratamiento es con respecto a la ejecución del ejercicio

El cacao tiene características antioxidantes muy importantes ya que contiene grandes concentraciones de flavonoides, epicatequinas, catequinas y procianidinas⁸⁹. Tanto McBrier y cols.⁷⁸ como Peschek y cols.⁷⁹ llevaron a cabo estudios, con diseño de investigación cruzado, donde tenían como objetivo determinar el efecto del consumo de cacao sobre la el dolor muscular y la recuperación después de una prueba en tapiz rodante con declive de -10%. Mientras que McBrier y cols.⁷⁸ encontraron que la bebida enriquecida con cacao disminuía el DMT, Peschek y cols.⁷⁹ reportan que no hubo diferencia entre los sujetos que consumieron una bebida de carbohidratos y proteína y los que consumieron la bebida enriquecida con cacao.

La cafeína es un constituyente de diversas bebidas, entre ellas el café, ha mostrado una gran capacidad para eliminar los radicales libres altamente reactivos y especies reactivas de oxígeno con la finalidad de proteger a las células del daño que causan estas especies⁹⁰. También se ha mostrado en diversos estudios que la suplementación con cafeína ayuda a reducir el DMT. Maridakis y cols.⁸⁰ llevaron a cabo un estudio donde utilizaron la estimulación eléctrica para producir el dolor, observaron que una hora después de haber recibido una dosis de café los sujetos presentaban menor dolor durante una contracción voluntaria máxima en comparación con los que consumieron un placebo. En su estudio Hurley y cols.⁸¹ vieron que los sujetos que consumieron cafeína tenían menor dolor muscular al segundo y tercer día de la realización del ejercicio en comparación que el grupo control. En su estudio con jugadoras de voleibol Nobahar⁸² las sometió a una sesión intensa de ejercicio y comparó la ingesta de cafeína y el ejercicio aeróbico como medio de recuperación y tratamiento del DMT, ambas estrategias fueron efectivas en la disminución del DMT después del ejercicio. El mismo investigador⁸³ llevó a cabo otro estudio donde comparó la ingesta de cafeína con la ingesta de un placebo y su efecto sobre el dolor muscular, encontró que el grupo que consumió cafeína tenía menor dolor muscular después de 24 h de haber realizado el ejercicio.

En diversos estudios se ha visto que la taurina puede reducir algunos marcadores del estrés oxidativo producidos por el ejercicio, además de proteger a la célula y eliminar radicales libres⁹¹. Con respecto al DMT, da Silva y cols.⁸⁴ encontraron que la suplementación con taurina lo disminuía, en comparación con la suplementación con placebo. Por su parte Ra y cols.⁸⁵ realizaron un estudio donde analizaron la taurina sola y combinada con aminoácidos de cadena ramificada, en el dolor muscular de los brazos provocado por acciones excéntricas. Dos días después los sujetos que consumieron una combinación de aminoácidos y taurina presentaban menor DMT que el grupo que consumió un placebo y al que ingirió taurina sola.

La fosfatidilserina es un fosfolípido que se encuentra en las membranas celulares, que tiene actividad antioxidante⁹². Kingsley y cols.⁸⁶ suplementaron a los

sujetos de su estudio con 750 mg/día de fosfatidilserina de soya durante 10 días. Después de correr durante 30 minutos en un tapiz rodante a -17.5% de inclinación vieron que no había diferencia en la percepción de DMT con la suplementación y el placebo.

El té es una de las bebidas más consumidas en el mundo; y pueden ser agrupados en tres tipos, té verde, negro y oolong o azul⁹³. El té negro es rico en catequinas y polifenoles lo que permite eliminar las especies de oxígeno reactivo⁹⁴. Arent y cols.⁸⁸ llevaron a un estudio en el que usaron el extracto de té negro para determinar sus efectos sobre el estrés oxidativo, inflamación respuesta del cortisol y DMT después de una prueba anaeróbica de alta intensidad. El consumo de extracto de té negro ayudó a mejorar la recuperación, disminuir el estrés oxidativo y disminuir el DMT. Por su parte Kerksik y cols.⁸⁷ compararon los efectos de la epigallocatequina gallato (catequina del té verde) y la N-acetil-cisteína sobre el dolor muscular después de una sesión de ejercicio. Los resultados mostraron que ambos suplementos disminuían el DMT en comparación con el placebo, sin embargo, no hubo diferencia entre ellos.

Conclusión: En lo que corresponde a los suplementos que contienen otros componentes antioxidantes, mostraron de manera general que son efectivos en la disminución del DMT. En este tipo de suplementos destaca la cafeína ya que es el más utilizado en los estudios, presentando buena efectividad en la disminución del DMT. También la taurina muestra que puede disminuir el DMT ya sea sola o combinada con otro suplemento.

Suplementos antioxidantes comerciales y el DMT

Se encontraron 6 artículos⁹⁵⁻¹⁰⁰ donde se utilizaron suplementos antioxidantes comerciales (Tabla IV) para contrarrestar el DMT.

Bloomer y cols.⁹⁵ utilizaron en su investigación un suplemento (FamiliE™), que contiene principalmente vitaminas, en un grupo de sujetos que lo ingirió por 16 días, lo compararon con un grupo que tomó un placebo, fueron sometidos a un entrenamiento para producirles dolor muscular, la cuantificación del dolor a las 24 y 48 h no difirió entre ambos los grupos. Rynders y cols.⁹⁹ usaron un suplemento basado en extractos de plantas (StemSport™) con acción antioxidante y antiinflamatoria, con un diseño de doble ciego cruzado y de manera profiláctica, no encontraron diferencia del DMT con la ingesta del suplemento. Goldfarb y cols.⁹⁸ tampoco encontraron efectos positivos de un grupo que ingirió un jugo de bayas (Juice Plus+®) con alto contenido de β-Caroteno, Vit C y Vit E, cuando lo compararon a un grupo que tomó un placebo, ambos equipos presentaron dolor muscular 24, 48 y 72 h con respecto al pre test, sin embargo no hubo diferencia entre ambos grupos. Bowtell y cols.⁹⁶ utilizaron el suplemento CherryActive® compuesto de jugo de cereza

Tabla IV
Resumen de los artículos de suplementos antioxidantes comerciales y sus efectos sobre el dolor muscular tardío (DMT)

Autor (es)	Producto	Dosis	Muestra	Producción DMT	Administración Tratamiento	Efecto sobre el DMT	Conclusiones del estudio
Bloomer y cols. 2007 ⁹⁵	FamilE™	2 Cap·día ⁻¹	36 hombres	10 X 10 de pres de banco	14 días antes 2 después	↔	Los resultados no apoyaron el objetivo de reducir el daño muscular y el estrés oxidativo
Bowtell y cols. 2011 ⁹⁶	CherryActive®	60 ml·día ⁻¹	10 hombres	10 X 10 EXC pierna	7 días antes 2 después	↔	El consumo de este jugo mejora la recuperación de la fuerza
Drobnic y cols. 2014 ⁹⁷	Phytosome®	2 gr·día ⁻¹	20 hombres	CTR declinado	3 días antes 1 después	↓	La cúrcuma tiene potencial para prevenir el DMT
Goldfarb y cols. 2011 ⁹⁸	Juice Plus+®	6 Cap·día ⁻¹	15 mujeres 26 hombres	4 X 12 acciones EXC	4 semana antes 4 días después	↔	El jugo atenúa el estrés oxidativo pero no tiene efecto sobre los cambios funcionales
Rynders y cols. 2014 ⁹⁹	StemSport™	6150 mg·día ⁻¹	9 mujeres 7 hombres	EXC brazos al agotamiento	7 días antes	↔	La suplementación con StemSport™ no aceleró la recuperación
Udani y cols. 2009 ¹⁰⁰	Bounce Back®	2 Cap·día ⁻¹	5 mujeres 5 hombres	EXC Sentadillas	30 días antes	↓	El producto parece ser seguro y se requieren estudios con muestras mayores

↓ = Disminución del dolor muscular del grupo experimental, ↔ = Sin diferencia de dolor muscular entre grupo experimental y control, Cap = Capsulas, EXC = Acciones excéntricas, DMT = Dolor Muscular Tardío. **Nota.** La aplicación del tratamiento es con respecto a la ejecución del ejercicio.

y encontraron que aceleraba la recuperación después de un ejercicio isocinético aunque en el DMT no hubo diferencia entre el grupo experimental y el control.

Drobnic y cols.⁹⁷ llevaron a cabo un estudio en el que usaron un suplemento (Phytosome®) basado en la cúrcuma, planta que ha mostrado tener diez veces más potencial antioxidante que la Vit E¹⁰¹, un grupo consumió el suplemento y otro consumió un placebo, corrieron durante 45 min en una banda declinada (-10%), los sujetos que consumieron el suplemento presentaban menor DMT, aunque no fue significativa, sí hubo una tendencia a mostrar menor DMT con el suplemento. Por su parte Udani y cols.¹⁰⁰ realizaron un estudio con diseño de investigación cruzado en el que participaron hombres y mujeres, consumieron dos capsulas diarias de Bounce Back®, suplemento que contiene enzimas proteolíticas, cúrcuma, aceite de soya, Vit C y resveratrol, durante treinta días. Dicho suplemento disminuyó considerablemente el DMT después de la realización de un protocolo de ejercicio excéntrico.

Conclusión: Aun cuando este tipo de suplementos son ofrecidos como efectivos para contrarrestar los efectos del estrés oxidativo, los estudios analizados en esta revisión han mostrado poca efectividad en la disminución del DMT y resultados diversos y contradictorios con respecto a la recuperación después del ejercicio.

Consideraciones finales

Por último se puede decir que debido a la diversidad de formas de provocar el dolor muscular, las dosis de antioxidantes administradas, tiempos de medición y sobre todo a la cantidad de sujetos participantes en los estudios, es difícil emitir una conclusión definitiva con relación al efecto de los suplementos antioxidantes sobre el DMT. Sin embargo, se puede afirmar que los suplementos antioxidantes son prometedores en contrarrestar el daño muscular y el estrés oxidativo. Por lo que se requieren más estudios para dilucidar de una forma más precisa el efecto de los antioxidantes sobre el DMT.

Referencias

1. Armstrong RB, Ogilvie RW, Schwane JA. Eccentric exercise-induced injury to rat skeletal muscle. *J Appl Physiol.* 1983; 54 (1): 80-93.
2. Sayers SP, Dannecker EA. How to prevent delayed onset muscle soreness (DOMS) after eccentric exercise. *Int J Sports Med.* 2004; 5 (2): 84-97.
3. McHugh MP, Connolly DA, Eston RG, Gleim GW. Exercise-induced muscle damage and potential mechanisms for the repeated bout effect. *Sports Med.* 1999; 27 (3): 157-70.
4. Francis KT. Delayed muscle soreness: a review. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1983; 5 (1): 10-3.
5. Bubbico A, Kravitz L. Eccentric exercise: A comprehensive review of a distinctive training method. *IDEA Fitness Journal.* 2010; 7 (9): 50-9.

6. Asmussen E. Positive and negative muscular work. *Acta Physiol Scand.* 1953; 28 (4): 364-82.
7. Schwane JA, Watrous SR, Johnson SR, Armstrong RB. Is lactic related to delayed onset muscle soreness. *Physician Sport Med.* 1983; (11): 124-31.
8. De Vries HA. Quantitative electromyographic investigation of the spasm theory of muscle pain. *Am J Phys Med.* 1966; 45 (3): 119-34.
9. Stauber WT. Eccentric action of muscles: physiology, injury, and adaptation. *Exerc Sport Sci Rev.* 1989; 17: 157-85.
10. Hough T. Ergographic studies in muscular fatigue and soreness. *J Boston Soc Med Sci.* 1900; 5 (3): 8-92.
11. Cheung K, Hume P, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness: treatment strategies and performance factors. *Sports Med.* 2003; 33 (2): 145-64.
12. Smith LL. Causes of delayed onset muscle soreness and the impact on athletic performance: A review. *J Appl Sport Sci Res.* 1992; 6 (3): 135-41.
13. Lewis PB, Ruby D, Bush-Joseph CA. Muscle soreness and delayed-onset muscle soreness. *Clin Sports Med.* 2012; 31 (2): 255-62.
14. Connolly DA, Sayers SP, McHugh MP. Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. *J Strength Cond Res.* 2003; 17 (1): 197-208.
15. Close GL, Ashton T, McArdle A, Maclaren DP. The emerging role of free radicals in delayed onset muscle soreness and contraction-induced muscle injury. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* 2005; 142: 257-66.
16. Friden J, Lieber RL. Serum creatine kinase level is a poor predictor of muscle function after injury. *Scand J Med Sci Sports.* 2001; 11 (2): 126.
17. Cleak MJ, Eston RG. Muscle soreness, swelling, stiffness and strength loss after intense eccentric exercise. *Br J Sports Med.* 1992; 26 (4): 267-72.
18. Aminian-Far A, Hadian MR, Olyaei G, Talebian S, Bakhtiari AH. Whole-body vibration and the prevention and treatment of delayed-onset muscle soreness. *J Athl Train.* 2011; 46 (1): 43-9.
19. Vaile J, Halson S, Gill N, Dawson B. Effect of hydrotherapy on the signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. *Eur J Appl Physiol.* 2008; 102 (4): 447-55.
20. Nelson N. Delayed onset muscle soreness: Is massage effective? *J Bodyw Mov Ther.* 2013; 17 (4): 475-82.
21. Howatson G, van Someren KA. The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage. *Sports Med.* 2008; 38 (6): 483-503.
22. Pumpa KL, Fallon KE, Bensoussan A, Papalia S. The effects of topical Arnica on performance, pain and muscle damage after intense eccentric exercise. *Eur J Sport Sci.* 2014; 14 (3): 294-300.
23. McAnulty SR. Antioxidants and Athletes. *Athl Ther Today.* 2003; 8 (5): 40-1.
24. Gupta RK, Patel AK, Shah N, Chaudhary AK, Jha UK, Yadav UC, et al. Oxidative stress and antioxidants in disease and cancer: a review. *Asian Pac J Cancer Prev.* 2014; 15 (11): 4405-9.
25. Thompson D, McNaughton L. Antioxidant vitamins and muscle soreness in humans: a brief review. *Phys Ther Sport.* 2001; 2 (3): 141-8.
26. Devasagayam TP, Tilak JC, Bloor KK, Sane KS, Ghaskadbi SS, Lele RD. Free radicals and antioxidants in human health: current status and future prospects. *J Assoc Physicians India.* 2004; 52: 794-804.
27. Ji LL. Antioxidants and oxidative stress in exercise. *Proc Soc Exp Biol Med.* 1999; 222 (3): 283-92.
28. Bryer SC, Goldfarb AH. Effect of high dose vitamin C supplementation on muscle soreness, damage, function, and oxidative stress to eccentric exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2006; 16 (3): 270-80.
29. Close GL, Ashton T, Cable T, Doran D, Holloway C, McArdle F, et al. Ascorbic acid supplementation does not attenuate post-exercise muscle soreness following muscle-damaging exercise but may delay the recovery process. *Br J Nutr.* 2006; 95 (5): 976-81.
30. Connolly DA, Lauzon C, Agnew J, Dunn M, Reed B. The effects of vitamin C supplementation on symptoms of delayed onset muscle soreness. *J Sports Med Phys Fitness.* 2006; 46 (3): 462-7.
31. Kaminski M, Boal R. An effect of ascorbic acid on delayed-onset muscle soreness. *Pain.* 1992; 50 (3): 317-21.
32. Nie J, Lin H. Effects of vitamin C supplementation on recovery from eccentric exercise-induced muscle soreness and damage in junior athletes. *J Exerc Sci Fit.* 2004; 2 (2): 94-8.
33. Thompson D, Williams C, Kingsley M, Nicholas CW, Lakomy HK, McArdle F, et al. Muscle soreness and damage parameters after prolonged intermittent shuttle-running following acute vitamin C supplementation. *Int J Sports Med.* 2001; 22 (1): 68-75.
34. Thompson D, Williams C, McGregor SJ, Nicholas CW, McArdle F, Jackson MJ, et al. Prolonged vitamin C supplementation and recovery from demanding exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2001; 11 (4): 466-81.
35. Avery NG, Kaiser JL, Sharman MJ, Scheett TP, Barnes DM, Gomez AL, et al. Effects of vitamin E supplementation on recovery from repeated bouts of resistance exercise. *J Strength Cond Res.* 2003; 17 (4): 801-9.
36. Beaton LJ, Allan DA, Tarnopolsky MA, Tiidus PM, Phillips SM. Contraction-induced muscle damage is unaffected by vitamin E supplementation. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34 (5): 798-805.
37. Silva LA, Pinho CA, Silveira PC, Tuon T, De Souza CT, Dal-Pizzol F, Pinho RA. Vitamin E supplementation decreases muscular and oxidative damage but not inflammatory response induced by eccentric contraction. *J Physiol Sci.* 2010; 60 (1): 51-7.
38. Bailey DM, Williams C, Betts JA, Thompson D, Hurst TL. Oxidative stress, inflammation and recovery of muscle function after damaging exercise: effect of 6-week mixed antioxidant supplementation. *Eur J Appl Physiol.* 2011; 111 (6): 925-36.
39. Bloomer RJ, Goldfarb AH, McKenzie MJ, You T, Nguyen L. Effects of antioxidant therapy in women exposed to eccentric exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2004; 14 (4): 377-88.
40. Shafat A, Butler P, Jensen RL, Donnelly AE. Effects of dietary supplementation with vitamins C and E on muscle function during and after eccentric contractions in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2004; 93 (1-2): 196-202.
41. Theodorou AA, Nikolaidis MG, Paschalis V, Koutsias S, Panayiotou G, Fatouros IG, Koutekadis Y, Jamurtas AZ. No effect of antioxidant supplementation on muscle performance and blood redox status adaptations to eccentric training. *Am J Clin Nutr.* 2011; 93 (6): 1373-83.
42. Childs A, Jacobs C, Kaminski T, Halliwell B, Leeuwenburgh C. Supplementation with vitamin C and N-acetyl-cysteine increases oxidative stress in humans after an acute muscle injury induced by eccentric exercise. *Free Radic Biol Med.* 2001; 31 (6): 745-53.
43. Ali J, Mehrdad A, Ali K. The effects of a combination treatment (pre-exercise vitamin C and PNF stretching, post-exercise ultrasound treatment) on markers of exercise-induced muscle damage. *Rev Bras Med Esporte.* 2012; 18 (5): 322-9.
44. Luden ND, Saunders MJ, Todd MK. Postexercise carbohydrate-protein- antioxidant ingestion decreases plasma creatine kinase and muscle soreness. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2007; 17 (1): 109-23.
45. Scalbert A, Johnson IT, Saltmarsh M. Polyphenols: antioxidants and beyond. *Am J Clin Nutr.* 2005; 81(1 Suppl): 215s-7s.
46. Scalbert A, Manach C, Morand C, Remesy C, Jimenez L. Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2005; 45 (4): 287-306.
47. Connolly DAJ, McHugh MP, Padilla-Zakour OI. Efficacy of a tart cherry juice blend in preventing the symptoms of muscle damage. *Br J Sports Med.* 2006; 40 (8): 679-83.
48. Howatson G, McHugh MP, Hill JA, Brouner J, Jewell AP, Van Someren KA, et al. Influence of tart cherry juice on indices of recovery following marathon running. *Howatson et al. Cherry juice supplementation and Marathon running. Scand J Med Sci Sports.* 2010; 20 (6): 843-52.

49. Kuehl KS, Perrier ET, Elliot DL, Chesnutt JC. Efficacy of tart cherry juice in reducing muscle pain during running: a randomized controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr.* 2010; 7: 17.
50. Su QS, Tian Y, Zhang JG, Zhang H. Effects of allicin supplementation on plasma markers of exercise-induced muscle damage, IL-6 and antioxidant capacity. *Eur J Appl Physiol.* 2008; 103 (3): 275-83.
51. McLeay Y, Barnes MJ, Mundel T, Hurst SM, Hurst RD, Stannard SR. Effect of New Zealand blueberry consumption on recovery from eccentric exercise-induced muscle damage. *J Int Soc Sports Nutr.* 2012; 9 (1): 19.
52. Bloomer RJ, Fry A, Schilling B, Chiu L, Hori N, Weiss L. Astaxanthin supplementation does not attenuate muscle injury following eccentric exercise in resistance-trained men. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2005; 15 (4): 401-12.
53. Meamarbashi A, Rajabi A. Preventive Effects of 10-Day Supplementation With Saffron and Indomethacin on the Delayed-Onset Muscle Soreness. *Clin J Sport Med.* 2014.
54. Trombold JR, Barnes JN, Critchley L, Coyle EF. Ellagitannin consumption improves strength recovery 2-3 d after eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2010; 42 (3): 493-8.
55. Lenn J, Uhl T, Mattacola C, Boissonneault G, Yates J, Ibrahim W, Bruckner G. The effects of fish oil and isoflavones on delayed onset muscle soreness. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34 (10): 1605-13.
56. Trombold JR, Reinfeld AS, Casler JR, Coyle EF. The effect of pomegranate juice supplementation on strength and soreness after eccentric exercise. *J Strength Cond Res.* 2011; 25 (7): 1782-8.
57. Roengrit T, Wannanon P, Prasertsri P, Kanpetta Y, Sripanikulchai BO, Leelayuwat N. Antioxidant and anti-nociceptive effects of Phyllanthus amarus on improving exercise recovery in sedentary men: a randomized crossover (double-blind) design. *J Int Soc Sports Nutr.* 2014; 11 (1): 9.
58. O'Fallon KS, Kaushik D, Michniak-Kohn B, Dunne CP, Zambraski EJ, Clarkson PM. Effects of quercetin supplementation on markers of muscle damage and inflammation after eccentric exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2012; 22 (6): 430-7.
59. Laupheimer MW, Perry M, Benton S, Malliaras P, Maffulli N. Resveratrol exerts no effect on inflammatory response and delayed onset muscle soreness after a marathon in male athletes: A randomised, double-blind, placebo-controlled pilot feasibility study. *Transl Med UniSa.* 2014; 10: 38-42.
60. Meamarbashi A, Abedini F. Preventive effects of purslane extract on delayed onset muscle soreness induced by one session bench-stepping exercise. *Isokinet Exerc Sci.* 2011; 19 (3): 199-206.
61. Ferretti G, Bacchetti T, Belleggia A, Neri D. Cherry antioxidants: from farm to table. *Molecules.* 2010; 15 (10): 6993-7005.
62. Chaovanalikit A, Wrolstad RE. Total anthocyanins and total phenolics of fresh and processed cherries and their antioxidant properties. *J Food Sci.* 2004; 69 (1): FCT67-FCT72.
63. Tezcan F, Gültekin-Özgülven M, Diken T, Özçelik B, Erim FB. Antioxidant activity and total phenolic, organic acid and sugar content in commercial pomegranate juices. *Food Chem.* 2009; 115 (3): 873-7.
64. Landete JM. Ellagitannins, ellagic acid and their derived metabolites: A review about source, metabolism, functions and health. *Food Res Int.* 2011; 44 (5): 1150-60.
65. Castrejón ADR, Eichholz I, Rohn S, Kroh LW, Huyskens-Keil S. Phenolic profile and antioxidant activity of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) during fruit maturation and ripening. *Food Chem.* 2008; 109 (3): 564-72.
66. Prior RL, Cao G, Martin A, Sofic E, McEwen J, O'Brien C, Lischner N, Ehlenfeldt M, Krewer G, Mainland M. Antioxidant Capacity As Influenced by Total Phenolic and Anthocyanin Content, Maturity, and Variety of *Vaccinium* Species. *J Agric Food Chem.* 1998; 46 (7): 2686-93.
67. Karimi E, Oskoueian E, Hendra R, Jaafar HZ. Evaluation of *Crocus sativus* L. stigma phenolic and flavonoid compounds and its antioxidant activity. *Molecules.* 2010; 15 (9): 6244-56.
68. Papatreou MA, Kanakis CD, Polissiou MG, Efthimiopoulos S, Cordopatis P, Margaritis M, Lamari FN. Inhibitory activity on amyloid-beta aggregation and antioxidant properties of *Crocus sativus* stigmas extract and its crocin constituents. *J Agric Food Chem.* 2006; 54 (23): 8762-8.
69. Vaidya V, Ingold KU, Pratt DA. Garlic: source of the ultimate antioxidants--sulfenic acids. *Angew Chem Int Ed Engl.* 2009; 48 (1): 157-60.
70. Hussein G, Sankawa U, Goto H, Matsumoto K, Watanabe H. Astaxanthin, a Carotenoid with Potential in Human Health and Nutrition. *J Nat Prod.* 2005; 69 (3): 443-9.
71. Hamalainen M, Nieminen R, Vuorela P, Heinonen M, Moilanen E. Anti-inflammatory effects of flavonoids: genistein, kaempferol, quercetin, and daidzein inhibit STAT-1 and NF-kappaB activations, whereas flavone, isorhamnetin, naringenin, and pelargonidin inhibit only NF-kappaB activation along with their inhibitory effect on iNOS expression and NO production in activated macrophages. *Mediators Inflamm.* 2007; 45673, 10 pages.
72. Steinberg FM, Guthrie NL, Villablanca AC, Kumar K, Murray MJ. Soy protein with isoflavones has favorable effects on endothelial function that are independent of lipid and antioxidant effects in healthy postmenopausal women. *Am J Clin Nutr.* 2003; 78 (1): 123-30.
73. Ali SS, Kasoju N, Luthra A, Singh A, Sharanabasava H, Sahu A, Bora U. Indian medicinal herbs as sources of antioxidants. *Food Res Int.* 2008; 41 (1): 1-15.
74. Patel JR, Tripathi P, Sharma V, Chauhan NS, Dixit VK. *Phyllanthus amarus*: Ethnomedicinal uses, phytochemistry and pharmacology: A review. *J Ethnopharmacol.* 2011; 138 (2): 286-313.
75. Ahmad A, Khan MM, Hoda MN, Raza SS, Khan MB, Javed H, Ishrat T, Ashfaq M, Ahmad ME, Safhi MM, Islam F. Quercetin protects against oxidative stress associated damages in a rat model of transient focal cerebral ischemia and reperfusion. *Neurochem Res.* 2011; 36 (8): 1360-71.
76. Gülçin İ. Antioxidant properties of resveratrol: A structure-activity insight. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 2010; 11 (1): 210-8.
77. Dkhil MA, Moniem AEA, Al-Quraishy S, Saleh RA. Antioxidant effect of purslane (*Portulaca oleracea*) and its mechanism of action. *J Med Plant Re.* 2011; 5 (9): 1589-93.
78. McBrier NM, Vairo GL, Bagshaw D, Lekan JM, Bordini PL, Kris-Etherton PM. Cocoa-based protein and carbohydrate drink decreases perceived soreness after exhaustive aerobic exercise: A pragmatic preliminary analysis. *J Strength Cond Res.* 2010; 24 (8): 2203-10.
79. Peschek K, Pritchett R, Bergman E, Pritchett K. The effects of acute post exercise consumption of two cocoa-based beverages with varying flavanol content on indices of muscle recovery following downhill treadmill running. *Nutrients.* 2014; 6 (1): 50-62.
80. Maridakis V, O'Connor PJ, Dudley GA, McCully KK. Caffeine attenuates delayed-onset muscle pain and force loss following eccentric exercise. *Pain.* 2007; 8 (3): 237-43.
81. Hurley CF, Hatfield DL, Riebe DA. The effect of caffeine ingestion on delayed onset muscle soreness. *J Strength Cond Res.* 2013; 27 (11): 3101-9.
82. Nobahar M. Effect of caffeine consumption and aerobic exercise on delayed onset muscle soreness. *Adv Environ Biol.* 2013; 7 (11): 3440-3.
83. Nobahar M. The effect of caffeine consumption on creatine kinase levels following eccentric exercise. *Adv Environ Biol.* 2014; 7 (13): 4512-5.
84. da Silva LA, Tromm CB, Bom KF, Mariano I, Pozzi B, da Rosa GL, Tuon T, da Luz G, Vuolo F, Petronilho, Cassiano W, De Souza CT, Pinho RA. Effects of taurine supplementation following eccentric exercise in young adults. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2014; 39 (1): 38-46.
85. Ra SG, Miyazaki T, Ishikura K, Nagayama H, Komine S, Nakata Y, Maeda S, Matsuzaki Y, Ohmori H. Combined effect of branched-chain amino acids and taurine supplementation on delayed onset muscle soreness and muscle damage in hi-

- gh-intensity eccentric exercise. *J Int Soc Sports Nutr.* 2013; 10 (1): 51.
86. Kingsley MI, Kilduff LP, McEneny J, Dietzig RE, Benton D. Phosphatidylserine supplementation and recovery following downhill running. *Med Sci Sports Exerc.* 2006; 38 (9): 1617-25.
 87. Kerksick CM, Kreider RB, Willoughby DS. Intramuscular adaptations to eccentric exercise and antioxidant supplementation. *Amino Acids.* 2010; 39 (1): 219-32.
 88. Arent SM, Senso M, Golem DL, McKeever KH. The effects of theaflavin-enriched black tea extract on muscle soreness, oxidative stress, inflammation, and endocrine responses to acute anaerobic interval training: a randomized, double-blind, crossover study. *J Int Soc Sports Nutr.* 2010; 7 (1): 11.
 89. Latif R. Chocolate/cocoa and human health: a review. *Neth J Med.* 2013; 71 (2): 63-8.
 90. Devasagayam TP, Kesavan PC. Radioprotective and antioxidant action of caffeine: mechanistic considerations. *Indian J Exp Biol.* 1996; 34 (4): 291-7.
 91. Miyazaki T, Matsuzaki Y, Ikegami T, Miyakawa S, Doy M, Tanaka N, Bouscarel B. Optimal and effective oral dose of taurine to prolong exercise performance in rat. *Amino Acids.* 2004; 27 (3-4): 291-8.
 92. Latorraca S, Piersanti P, Tesco G, Piacentini S, Amaducci L, Sorbi S. Effect of phosphatidylserine on free radical susceptibility in human diploid fibroblasts. *J Neural Transm Park Dis Dement Sect.* 1993; 6 (1): 73-7.
 93. Leung LK, Su Y, Chen R, Zhang Z, Huang Y, Chen ZY. Theaflavins in black tea and catechins in green tea are equally effective antioxidants. *J Nutr.* 2001; 131 (9): 2248-51.
 94. Higdon JV, Frei B. Tea catechins and polyphenols: health effects, metabolism, and antioxidant functions. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2003; 43 (1): 89-143.
 95. Bloomer RJ. The role of nutritional supplements in the prevention and treatment of resistance exercise-induced skeletal muscle injury. *Sports Med.* 2007; 37 (6): 519-32.
 96. Bowtell JL, Summers DP, Dyer A, Fox P, Mileva KN. Montmorency cherry juice reduces muscle damage caused by intensive strength exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2011; 43 (8): 1544-51.
 97. Drobnic F, Riera J, Appendino G, Togni S, Franceschi F, Valle X, Pons A, Tur J. Reduction of delayed onset muscle soreness by a novel curcumin delivery system (Meriva®): a randomized, placebo-controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr.* 2014; 11:31.
 98. Goldfarb AH, Garten RS, Cho C, Chee PD, Chambers LA. Effects of a fruit/berry/vegetable supplement on muscle function and oxidative stress. *Med Sci Sports Exerc.* 2011; 43 (3): 501-8.
 99. Rynders CA, Weltman JY, Rynders SD, Patrie J, McKnight J, Katch FI, Hertel J, Weltman A. Effect of an herbal/botanical supplement on recovery from delayed onset muscle soreness: a randomized placebo-controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr.* 2014; 11:27.
 100. Udani JK, Singh BB, Singh VJ, Sandoval E. BounceBack capsules for reduction of DOMS after eccentric exercise: a randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover pilot study. *J Int Soc Sports Nutr.* 2009; 6:14.
 101. S MK, Priyadarsini KI, Venkatesan P, Rao MN. Free radical scavenging ability and antioxidant efficiency of curcumin and its substituted analogue. *Biophys Chem.* 1999; 80 (2): 85-91.