

Efectos del entrenamiento de fuerza y suplementación en personas vegetarianas: Revisión sistemática

Effects of strength training and supplementation in vegetarian people: Systematic review

*Jose Antonio Rodríguez-Gandullo, **Francisco Álvarez-Barbosa

*Universidad de Sevilla (España), **Centro de Estudios Universitarios Cardenal Spínola CEU (España)

Resumen: El objetivo del estudio fue investigar los efectos de un entrenamiento de fuerza más una suplementación adicional sobre deportistas adultos no profesionales y vegetarianos. Una revisión sistemática de las bases de datos MEDLINE (PubMed), Scopus, SportDiscus y WOS (Web of Science) fue realizada siguiendo el modelo PICO, utilizando términos que representasen a personas vegetarianas de entre 18 y 64 años que hubiesen realizado una intervención basada en un entrenamiento de fuerza más suplementación. Siguiendo el procedimiento PRISMA, de los 62 estudios encontrados tan solo 3 cumplieron todos los criterios por lo que fueron analizados en su totalidad para poder ser incluidos en la revisión. La calidad metodológica de los estudios se evaluó mediante la escala PEDro. El estudio de Shomrat et al. (2000) la suplementación con creatina provocó un incremento de la masa corporal y potencia media. El estudio de Burke et al. (2003) obtuvo con la suplementación de creatina incrementos en la fosfocreatina (PCr), creatina total (TCr), fuerza, fibras musculares de tipo II y tejido magro, siendo estos cambios más significativos en las personas vegetarianas. Por último, en el estudio de Burke et al. (2008), el factor de crecimiento insulínico de tipo 1 (IGF-1) se incrementó en un 67%, con mayor acumulación en el grupo que fue suplementado con creatina. A raíz de estos resultados se puede concluir que la suplementación con creatina puede provocar efectos positivos en el rendimiento de los deportistas vegetarianos, ya que puede cubrir ciertas carencias derivadas de la dieta vegetariana.

Palabras clave: vegetarianos; adultos; entrenamiento de fuerza; suplementación; creatina.

Abstract: The aim of the study was to investigate the effects of strength training plus additional supplementation on non-professional adult athletes who are vegetarian. A systematic review of MEDLINE (PubMed), Scopus, SportDiscus, and WOS (Web of Science) databases was performed following the PICO model, using terms related to vegetarians aged between 18 and 64 years who realized an intervention based on strength training and supplementation. Following the PRISMA statement, of the 62 studies found only 3 met all the inclusion criteria and were analyzed entirely to be included in the review. The methodological quality of the studies was performed using the PEDro scale. The study of Shomrat et al. (2000) with creatine supplementation resulted in an increase in body mass and power. The study of Burke et al. (2003), based on creatine supplementation, obtained an increase of phosphocreatine (PCr), total creatine (TCr), strength, type II muscle fibers, and lean tissue. These changes were significant in vegetarians. Finally, in a study of Burke et al. (2008), insulin-like growth factor-1 (IGF-1) increased by 67%, with higher accumulation in the group that was supplemented with creatine. As a consequence of these results we can conclude that creatine supplementation could have positive effects on the performance of vegetarians due to the fact that it could cover certain shortcomings derived from the vegetarian diet.

Keywords: vegetarians; adults; strength training; supplementation; creatine.

Introducción

El ejercicio ha demostrado tener numerosos beneficios para la salud de las personas, entre los que se puede destacar la mejora de la capacidad cardiorrespiratoria (Stubbs, Rosenbaum, Vancampfort, Ward, & Schuch, 2016), la disminución de los índices de sobrepeso y obesidad (Ruotsalainen, Kyngas, Tammelin, & Kaariainen, 2015), la mejora de la independencia funcional de personas con alguna enfermedad o deterioro cognitivo (Forbes, Forbes, Blake, Thiessen, & Forbes, 2015) y en definitiva una mejora de la calidad de vida relacionada con la salud (Chen & Rimmer, 2011; Chou, Hwang, & Wu, 2012).

Más allá de los beneficios del entrenamiento de fuerza para la salud, se conoce que este tipo de entrenamientos es imprescindible para la mejora del rendimiento deportivo (Granacher et al., 2016; Raya-González, Suárez-Arrones, & Saez de Villareal, 2018; Sánchez-Sixto & Floría, 2017) ya que no solo mejora la capacidad deportiva sino que disminuye además el riesgo de sufrir lesiones (Suchomel, Nimphius, & Stone, 2016). Sin embargo, para el deportista no solo el entrenamiento juega un papel fundamental en su rendimiento, sino también la alimentación (Bonci, 2011; Rodríguez, Di Marco, & Langley, 2009). Una nutrición adecuada puede ayudar a mejorar la fuerza, velocidad, resistencia y recuperación en deportistas (Bonci, 2011).

Se ha observado como entrenamientos similares pueden llegar a tener efectos diferentes dependiendo de la dieta. Añadir ciertos suplementos como la citrulina-malato antes del ejercicio puede ayudar a aumentar el volumen de entrenamiento en deportistas universitarios (Wax, Kavazis, & Luckett, 2016). Por ello, cuando una persona deja de ingerir ciertos alimentos, los efectos de un entrenamiento pueden no ser tan eficaces y hace necesario el consumo de suplementos (Rodríguez et al., 2009).

Una persona vegetariana es aquella que no come carne de ningún

tipo ni productos que contengan este tipo de alimento. Además este tipo de alimentación ha resultado ser beneficiosa en la disminución del colesterol, la presión arterial, reducción del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares o enfermedades crónicas como la diabetes (Craig, Mangels, & American Dietetic, 2009). Entre las características de este tipo de dietas encontramos que son bajas en grasas saturadas, altas en fibra, carotenoides, magnesio y potasio, así como vitaminas C y E, lo que supone que las personas vegetarianas tengan unos menores valores de índice de masa corporal (Craig et al., 2009; Spencer, Appleby, Davey, & Key, 2003).

Existen estudios que incluso afirman que gracias a la baja presión sanguínea y la ingesta de alimentos ricos en antioxidantes es posible que exista un riesgo más bajo de desarrollar ciertas enfermedades mentales (Giem, Beeson, & Fraser, 1993; Luchsinger & Mayeux, 2004). Sin embargo, también existen aspectos negativos de la dieta vegetariana y más aún cuando esta no es equilibrada, como los bajos niveles de vitamina B12, vitamina D, zinc y ácidos grasos (Li, 2011; Rizzo et al., 2016). La investigación no es muy concluyente respecto al impacto de estos déficits en el rendimiento deportivo del deportista que sigue una dieta vegetariana (Thomas, Erdman, & Burke, 2016).

La depleción de la fosfocreatina y el uso de la energía producida por la misma para generar ATP está asociada a ejercicios intensos y de corta duración (Sahlin, Tonkonogi, & Soderlund, 1998), por lo que un incremento de la misma debería elevar el rendimiento máximo durante ejercicios de este tipo (Sahlin, 2014). Las personas vegetarianas presentan pocos niveles de creatina, ya que la mayoría de la creatina ingresa en el organismo a través de la ingesta de carnes rojas, y eso puede ser una desventaja en trabajos y ejercicios que requieran altos niveles de energía como los de fuerza (Benton & Donohoe, 2011). Por ello, la suplementación adicional o alimentos enriquecidos con el elemento deficitario puede ayudar a solucionar el posible impacto en el rendimiento del deportista vegetariano (Oliver et al., 2014; Rodríguez et al., 2009).

La investigación actual no es muy concluyente sobre la suplementación que una persona vegetariana debería tener para mejorar su rendimiento deportivo ni cuáles son los efectos concretos del entrenamiento de fuerza sobre el deportista vegetariano comparado con

otros deportistas no vegetarianos, por lo que el objetivo de este estudio fue revisar la literatura científica de una forma sistemática sobre del efecto que tiene el entrenamiento de fuerza en el deportista vegetariano junto a una suplementación adicional y su posible aplicación en el ámbito deportivo.

Método

Fuente de datos y búsqueda

Para la realización de este estudio se siguieron las directrices para revisiones sistemáticas y meta-análisis PRISMA, la cual incluye una lista de verificación de 27 ítems y un diagrama de flujo de cuatro fases (Moher, Liberati, Tetzlaff, Altman, & Group, 2010), como se recomienda además por la Colaboración Cochrane (Higgins & Green, 2005). Concretamente para esta revisión sistemática se realizó una búsqueda de estudios en las siguientes bases de datos: MEDLINE (a través de PubMed), Scopus, SportDiscus y WOS (Web of Science). La última búsqueda realizada en estas bases de datos se realizó durante marzo del 2016.

La búsqueda en las citadas bases de datos fue diseñada respondiendo al acrónimo establecido por el modelo PICO (Landa-Ramírez & De Jesús, 2014), en el que la población eran personas adultas vegetarianas, la intervención era el entrenamiento de fuerza junto a la suplementación y las variables eran las relacionadas con el rendimiento muscular. Alguno de los términos utilizados para determinar la población fueron vegetarian, vegan o adult. Los términos sobre la intervención fueron resistance training, strength training, suplement* o creatine y por último los términos relacionados con las variables fueron power, strength o anabolism entre otros. Los protocolos completos de búsqueda se muestran en el archivo adicional 1.

Selección de estudios

El proceso de selección de artículos siguió la metodología PRISMA, utilizada para revisiones sistemáticas y meta-análisis (Moher, Liberati, Tetzlaff, Altman, & Group, 2009). Una vez realizada la búsqueda en las cuatro bases de datos los artículos duplicados fueron eliminados. Tras la eliminación de los estudios duplicados, se realizó un primer cribado a partir del título y los resúmenes para eliminar los estudios irrelevantes. Tras obtener los artículos potenciales para ser incluidos en revisión, los textos completos fueron leídos íntegramente para identificar aquellos que cumplían todos los criterios de inclusión y por tanto pasaban a formar parte de la revisión sistemática (figura 1). Los autores del estudio participaron en todos los pasos descritos de la selección de artículos.

Los criterios de inclusión fueron: 1) Los participantes tenían que ser vegetarianos; 2) la edad comprendida entre los 18 y los 64 años; 3) tenían que investigar los efectos del entrenamiento de fuerza junto con la suplementación; 4) estar publicados en español, portugués o inglés. Por el contrario, los estudios fueron excluidos si: 1) la duración del entrenamiento no fuese prolongada en el tiempo; 2) Intervenciones basadas en entrenamientos de fuerza que no tuviesen algún tipo de suplementación; 3) no contener variables relacionadas con el rendimiento muscular.

Evaluación de la Calidad Metodológica

Para evaluar la calidad de la metodología utilizada por los estudios que finalmente fueron incluidos en la revisión sistemática se utilizó la escala PEDro, elaborada por el Centre for Evidence-Based Physiotherapy que proporciona una ayuda a los usuarios para identificar con rapidez si la calidad metodológica es excelente (9-10), buena (6-8), regular (4-5) o mala (<4). Esta puntuación se basa en el consenso de expertos y con ello se trata de eliminar riesgos de sesgo.

Resultados

62 estudios fueron inicialmente encontrados tras la búsqueda en las diferentes bases de datos: MEDLINE (n=42), Scopus (n=7), SportDiscus (n=8) y WOS (n=5). Tras la eliminación de 13 estudios

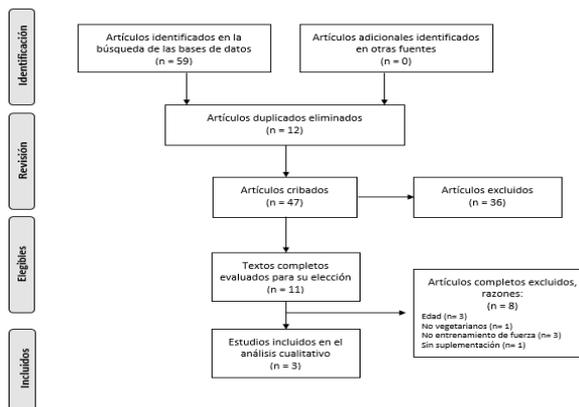


Figura 1. Diagrama de proceso de selección de los artículos que conforman la revisión sistemática.

duplicados, 49 fueron revisados incluyendo su título y resumen. Tras la eliminación de 38 estudios que no cumplían todos los criterios de inclusión, especialmente el tratarse de una intervención basada en el entrenamiento de fuerza. Tras este primer cribado, 11 estudios completos fueron evaluados como estudios potenciales para ser incluidos en el análisis cualitativo. Finalmente 3 fueron los estudios incluidos en este análisis, ya que 3 estudios no cumplían el criterio de la edad, 1 no era una población de personas vegetarianas y el resto o no era una intervención basada en el entrenamiento de fuerza, o bien trataba este tipo de entrenamientos, pero sin suplementación. Este proceso puede verse de forma más detallada en la tabla 1.

Tabla 1. Valoración PEDro por criterio de los artículos incluidos en la revisión sistemática.

Criterios PEDro	Shomrat et al. 2000	Burke et al. 2003	Burke et al. 2008
1. Criterios de elección	No	Sí	Sí
2. Asignación aleatoria	No	Sí	Sí
3. Asignación oculta	No	Sí	Sí
4. Grupos comparados al inicio	Sí	Sí	Sí
5. Sujetos cegados	Sí	Sí	Sí
6. Administradores cegados	No	Sí	No
7. Evaluadores cegados	No	No	No
8. Adecuado follow-up	Sí	Sí	No
9. Análisis de todos los sujetos (intención de tratar)	No	No	No
10. Comparación entre grupos	Sí	Sí	Sí
11. Medidas de variabilidad	Sí	Sí	Sí
Total	5	9	7

Excelente (9-10), buena (6-8), regular (4-5), mala calidad (<4)

Calidad Metodológica

De acuerdo con la escala PEDro, la metodología de aquellos estudios con una puntuación de 9-10 es considerada «excelente», con una puntuación de 6-8 es considerada «buena» y aquellos estudios con una puntuación de 4-5 es considerada como «regular». En la presente revisión un estudio tenía una excelente metodología (Burke et al., 2003), otro una calidad buena (Burke et al., 2008) y uno de ellos una calidad metodológica considerada como regular (Shomrat, Weinstein, & Katz, 2000).

Características de los Estudios

Las características de los 3 estudios incluidos en la presente revisión sistemática están resumidas en la tabla 2. Estos estudios tuvieron muestras de entre 24 y 49 personas, las cuales fueron sometidas a un entrenamiento de fuerza junto con una suplementación de creatina. Por un lado, uno de los estudios se centró en determinar los efectos de dos sesiones de entrenamiento basados en el test de Wingate en cicloergómetro, por otro lado, los demás estudios establecieron un periodo de intervención de 8 semanas, tres sesiones semanales, en las que se centraron en programas de entrenamiento de la fuerza del cuerpo completo. A continuación, se presentan los resultados encontrados en estos 3 estudios por orden cronológico de publicación.

Shomrat et al. (2000)

La suplementación con creatina resultó en un incremento en la masa

Tabla 2.

Tabla resumen de los estudios que conforman la revisión sistemática.

	Participantes	Edad	Sexo	Volumen	Ejercicios	Suplementación	Parámetros	Resultados
Shomrat et al. (2000)	24 (8 NVG, 9 VC, 7 NVC)	VC: 26,1 ± 0,6 NVC: 29,6 ± 2,7 NVG: 27,4 ± 1,9	24 H 0 M	1 semana, 2 sesiones de intervención (pre-post)	Test Wingate modificado (3 series de 20 seg. a máxima potencia) en cicloergómetro.	Consumo de creatina (3 × 7 g/día). Grupo control con placebo.	Muestra de sangre para determinar Cr en plasma y eritrocitos, glucosa, lactato, potencia (media y máx.), fatiga (%), masa corporal.	El consumo de Cr incrementa significativamente la masa corporal (± 1 Kg) y potencia media (± 5 %). Pico W solo en NVC, no en VC.
Burke et al. (2003)	49 (solo para biopsia), 42 (18 V, 24 NV)	VC: 31 ± 2,2 NVC: 33 ± 2,6 VP: 34 ± 4,2 NVP: 32 ± 2,4	20 H 22 M	8 semanas	50 extensiones cuádriceps isocinética. Programa de entrenamiento de fuerza de cuerpo completo cíclico (3 días + 1 descanso). Intensidad > 70%. 1 día: pectoral y tríceps. 2 día: espalda y bíceps. 3 día: piernas, deltoides y abdominales.	Suplementación con Cr: 0,25 g/Kg en carga durante 7 días y 0,0625 g/Kg de mantenimiento los 49 días siguientes.	Niveles de creatina (TCr, PCr, Cr libre), calorías y energía de alimentación, creatinina en orina, estado de hidratación, masa magra, área fibras musculares, vol. de entrenamiento y IRM.	Sujetos con creatina obtuvieron incrementos de PCr, TCr, fuerza, fibras tipo II y tejido magro. Los VC obtuvieron incrementos más significativos respecto a los NVC. Sujetos con bajos niveles de Cr iniciales más sensibles a la suplementación.
Burke et al. (2008)	42 (18 V, 24 NV)	C: 31 ± 2,6 P: 37 ± 6,8	24 H 18 M	8 semanas	Programa de entrenamiento de fuerza de cuerpo completo cíclico (3 días + 1 descanso). Intensidad > 70%. 1 día: pectoral y tríceps. 2 día: espalda y bíceps. 3 día: piernas, deltoides y abdominales.	Suplementación con Cr: 0,25 g/Kg en carga durante 7 días y 0,0625 g/Kg de mantenimiento los 49 días siguientes.	Niveles de creatina (TCr, PCr, Cr libre), IGF-1, calorías y energía de alimentación, masa magra, vol. de entrenamiento y IRM.	El entrenamiento incrementa el IGF-1 en un 67% con mayor acumulación para los de creatina respecto a placebo. No diferencias entre V y NV en el IGF-1 (se incrementa con la suplementación independientemente de la dieta).

Hombres (H), Mujeres (M), Vegetarianos (V), No vegetarianos (NV), Vegetarianos con creatina (VC), Vegetarianos con placebo (VP), No vegetarianos con creatina (NVC), No vegetarianos con glucosa (NVG), No vegetarianos placebo (NVP), gramos (g), kilogramos (Kg), segundos (seg.), potencia (W), factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1), grupo control (C), grupo placebo (P), creatina (Cr), fosfocreatina (PCr), creatina total (TCr).

corporal y potencia media, siendo esta mejora aproximadamente del 5% en los grupos de suplementación. La fatiga no se vio afectada por la suplementación, a excepción del grupo de personas vegetarianas en una de las series de evaluación. En cuanto a la glucosa y el lactato pre y post test no se apreciaron diferencias entre los grupos con la excepción de la tercera serie en el lactato que fue significativamente superior en el grupo de personas no vegetarianas con la suplementación de creatina.

Este estudio concluye que la suplementación con creatina eleva el rendimiento (aproximadamente un 5 %) durante ejercicios intensos de corta duración. Además, el incremento de la potencia media se asoció con un incremento en el pico de potencia en los consumidores de carne, no ocurriendo lo mismo en el grupo de personas vegetarianas que no experimentaron incrementos en el pico de potencia después de la suplementación.

Burke et al. (2003)

Los resultados del estudio demostraron que no existen diferencias significativas entre vegetarianos y no vegetarianos en la concentración basal de creatina libre, PCr (fosfocreatina) y ATP (adenosín trifosfato). Sin embargo, si existieron diferencias significativas en la creatina total en el grupo no vegetariano.

El peso corporal se vio significativamente incrementado dependiendo de si se consumían suplementos o no y fue aún mayor en el grupo de personas vegetarianas que no vegetarianas (2,4 Kg frente a 1,9 Kg).

En este estudio se encontró un aumento en las fibras tipo II en el grupo que consumió los suplementos respecto al grupo que tomó los placebos. Además, se encontraron diferencias pre-post test en el RM en los sujetos que utilizaron suplementos. En cuanto a las relaciones encontradas en el estudio destaca la correlación negativa entre el cambio en la TCr y la inicial. También el cambio en el trabajo total realizado se relacionó con el cambio en la TCr muscular en los vegetarianos que se suplementan con creatina.

Este estudio concluyó que la persona vegetariana tiene bajos niveles basales de creatina total y creatina excretada respecto a los no vegetarianos, y la suplementación con creatina combinada con entrenamiento de fuerza provocan grandes cambios en PCr muscular, TCr (creatina total), fibras tipo II, masa magra y rendimiento total, comparada con el grupo de placebo. Así mismo, el incremento en las concentraciones musculares de creatina, PCr, tejido magro y rendimiento total fueron mayores en vegetarianos que se suplementan comparado con los no vegetarianos que también lo hacían.

Burke et al. (2008)

El análisis de los alimentos mostró que las personas vegetarianas consumieron pocas calorías y proteínas respecto al grupo placebo, sin ninguna otra diferencia. No hubo diferencia con los niveles basales del IGF-1 entre los grupos de estudio. El entrenamiento resultó en un incremento significativo del 67% en el IGF-1 (el grupo que recibió la

suplementación de creatina tuvieron un incremento del 78% mientras que el grupo placebo un 55 %).

Los participantes vegetarianos con suplementación de creatina experimentaron un incremento de tejido magro de 2,4 Kg comparados con los 1,9 Kg de los no vegetarianos con suplementación de creatina. Los vegetarianos con suplementación de creatina experimentaron grandes incrementos de fosfatos de alta energía que los no vegetarianos con suplementación de creatina. No se encontraron cambios en la Cr libre, PCr y TCr en el grupo placebo. El cambio en la concentración intramuscular del IGF-1 está significativamente correlacionado con el cambio en la creatina total intramuscular.

Este estudio finalmente concluyó que un entrenamiento estructurado incrementa el IGF-1, además de que la inclusión de la creatina aumenta las adaptaciones fisiológicas al entrenamiento de fuerza, sin diferencias entre vegetarianos o no vegetarianos.

Discusión

Los resultados de esta revisión sistemática demuestran que la suplementación con creatina provoca unos determinados efectos sobre el organismo, tanto en los vegetarianos como los que siguen una dieta omnívora. El estudio de Shomrat (2000) demostró que con una semana de suplementación se podrían conseguir cambios en la potencia media (sobre un 5 %) y un aumento de la masa corporal en torno a un kilogramo. En tan poco tiempo, este aumento, más que al aumento de masa muscular se puede deber a una mayor retención de líquidos, ya que el efecto inmediato de la creatina es la retención de agua por parte del músculo (Juhn & Tamopolsky, 1998). De acuerdo a estudios realizados, el sexo no parece afectar a la concentración de creatina en la masa muscular ni a la respuesta del organismo, por lo que el hecho de que todos los participantes fuesen varones no debería influir en los resultados del estudio (Bemben & Lamont, 2005; Rawson & Volek, 2003).

Un estudio cuya muestra siguió una dieta habitual no vegetariana durante 30 días demostró que el consumo de este suplemento provoca un aumento en la masa corporal, fuerza muscular y la potencia media respecto a los que no lo tomaron (Herda et al., 2009). Estos resultados coincidieron con el estudio de Shomrat et al. (2000) donde también sucedió un aumento en la potencia media y un aumento en la masa corporal (Shomrat et al., 2000).

Los resultados sobre el aumento en el tejido magro (sobre un 4 %) ya fue estudiado anteriormente por uno de los autores que conforman esta revisión en una población no vegetariana debido en parte al incremento de agua intracelular, extracelular y total que se produjo en los sujetos (Burke et al., 2000). Estudios basados en la suplementación con creatina también han encontrado resultados similares en pacientes con artritis reumatoide, cuyos valores en la masa muscular se vieron incrementados (Wilkinson et al., 2016). Además, en combinación con suplementación con proteína también se han encontrado beneficios en el tejido magro y en la degradación de proteínas musculares en personas

mayores (Candow et al., 2008).

El entrenamiento de fuerza tiene un efecto positivo en el factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1), además la inclusión de la creatina aumenta las adaptaciones fisiológicas al entrenamiento de fuerza (Burke et al., 2008; Deldicque et al., 2005), lo que podría explicar el aumento del tejido magro y el aumento del área de las fibras musculares, puesto que precisamente, la IGF-1 es una hormona que regula el crecimiento y tiene un efecto anabolizante en casi todas las células del cuerpo, especialmente en el músculo esquelético (Czerwinski, Martin, & Bechtel, 1994).

Al igual que en los estudios que componen esta revisión, existen estudios que pueden confirmar el aumento del área de las fibras musculares y la mejora del rendimiento físico tras un entrenamiento de fuerza junto con la suplementación de creatina (Antonio & Ciccone, 2013; Brose, Parise, & Tarnopolsky, 2003; Volek et al., 1999). Este hecho puede deberse a que el ejercicio sirve como potenciador para el cuerpo en lo que asimilación de creatina se refiere (Brosnan, Edison, da Silva, & Brosnan, 2007). Sin embargo, el momento en que la suplementación se realiza respecto al ejercicio puede modificar los efectos encontrados (Antonio & Ciccone, 2013), llegando incluso un estudio reciente en personas de mediana edad a encontrar que la ingesta de creatina después del ejercicio no proporciona aumentos en la composición corporal ni en la fuerza muscular en comparación con aquellas personas que solo realizan el ejercicio (Cooke et al., 2014).

Es importante tener en cuenta el estudio de Burke et al, que aparece en esta revisión no solo por su calidad metodológica, sino porque fue desde nuestro conocimiento uno de los primeros en demostrar que los individuos que tienen bajos niveles iniciales de creatina total (TCr) intramuscular tienen una mayor sensibilidad a la suplementación con creatina durante el entrenamiento de fuerza (Burke et al., 2003). Esto es precisamente debido a que la absorción de creatina por parte de los individuos es inversamente proporcional a la concentración inicial existente, lo que podría explicar la discrepancia generalizada de resultados sobre los efectos del ejercicio y la creatina hasta ese momento (Volek & Rawson, 2004).

Los efectos hasta ahora mencionados provocados por el entrenamiento de fuerza y la suplementación tienen una relación directa con la producción de fuerza muscular (del Favero et al., 2012; Tarnopolsky & Safdar, 2008), lo que se relaciona con la mejora del rendimiento deportivo (Felsner et al., 2016; Granacher et al., 2016), pudiendo llegar a suponer un menor daño muscular tras la actividad deportiva (Owen et al., 2015) y por tanto una disminución en el riesgo de lesión (Suchomel et al., 2016; Yeung, Cleves, Griffiths, & Nokes, 2016).

A pesar de los datos expuestos en la presente revisión, es necesario tener en cuenta algunas limitaciones a la hora de realizar una interpretación de los resultados. Primero no existen muchos estudios acerca de los efectos del entrenamiento de fuerza y suplementación en una población de vegetarianos por lo que no es posible la realización de un meta-análisis y por tanto no es posible dar un resultado global sobre dichos efectos. Segundo, el solo seleccionar estudios controlados aleatorizados ha podido suponer que existan estudios acerca de la temática que no hayan sido tratados en esta revisión, sin embargo, la excelente metodología de este tipo de diseños puede dar una información más fiable sobre los efectos del entrenamiento de fuerza y la suplementación en personas vegetarianas. Por último, a pesar de ser estudios con un diseño controlado aleatorizado, las calidades metodológicas de los estudios incluidos en la revisión también han sido dispares por lo que las conclusiones del estudio han de tenerse en cuenta con cierta cautela.

Conclusión

A raíz de los resultados de los estudios que conforman la presente revisión se puede concluir que la suplementación, en este caso con creatina, tiene unos efectos positivos en el rendimiento durante el entrenamiento de fuerza en las personas vegetarianas, puesto que ayuda a cubrir algunas insuficiencias derivadas de la dieta. Sin embargo, dados los resultados de la revisión aún se necesitan más investigaciones con una buena calidad metodológica en personas deportistas vegetarianas

para aclarar los efectos combinados del entrenamiento de fuerza y la suplementación.

Referencias

- Antonio, J., & Ciccone, V. (2013). The effects of pre versus post workout supplementation of creatine monohydrate on body composition and strength. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 10, 36. doi: 10.1186/1550-2783-10-36
- Bemben, M. G., & Lamont, H. S. (2005). Creatine supplementation and exercise performance: recent findings. *Sports Medicine*, 35(2), 107-125.
- Benton, D., & Donohoe, R. (2011). The influence of creatine supplementation on the cognitive functioning of vegetarians and omnivores. *British Journal of Nutrition*, 105(7), 1100-1105. doi: 10.1017/S0007114510004733
- Bonci, L. J. (2011). Eating for performance: bringing science to the training table. *Clinics in Sports Medicine*, 30(3), 661-670. doi: 10.1016/j.csm.2011.03.011
- Brose, A., Parise, G., & Tarnopolsky, M. A. (2003). Creatine supplementation enhances isometric strength and body composition improvements following strength exercise training in older adults. *The journals of gerontology: Series A, Biological sciences and medical sciences*, 58(1), 11-19.
- Brosnan, M. E., Edison, E. E., da Silva, R., & Brosnan, J. T. (2007). New insights into creatine function and synthesis. *Advances in Enzyme Regulation*, 47, 252-260. doi: 10.1016/j.advenzreg.2006.12.005
- Burke, D. G., Candow, D. G., Chilibeck, P. D., MacNeil, L. G., Roy, B. D., Tarnopolsky, M. A., & Ziegenfuss, T. (2008). Effect of creatine supplementation and resistance-exercise training on muscle insulin-like growth factor in young adults. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 18(4), 389-398.
- Burke, D. G., Chilibeck, P. D., Parise, G., Candow, D. G., Mahoney, D., & Tarnopolsky, M. (2003). Effect of creatine and weight training on muscle creatine and performance in vegetarians. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(11), 1946-1955. doi: 10.1249/01.MSS.0000093614.17517.79
- Burke, D. G., Silver, S., Holt, L. E., Smith Palmer, T., Culligan, C. J., & Chilibeck, P. D. (2000). The effect of continuous low dose creatine supplementation on force, power, and total work. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 10(3), 235-244.
- Candow, D. G., Little, J. P., Chilibeck, P. D., Abeysekera, S., Zello, G. A., Kazachkov, M., . . . Yu, P. H. (2008). Low-dose creatine combined with protein during resistance training in older men. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(9), 1645-1652. doi: 10.1249/MSS.0b013e318176b310
- Cooke, M. B., Brabham, B., Buford, T. W., Shelmadine, B. D., McPheeters, M., Hudson, G. M., . . . Willoughby, D. S. (2014). Creatine supplementation post-exercise does not enhance training-induced adaptations in middle to older aged males. *European journal of applied physiology*, 114(6), 1321-1332. doi: 10.1007/s00421-014-2866-1
- Craig, W. J., Mangels, A. R., & American Dietetic, A. (2009). Position of the American Dietetic Association: vegetarian diets. *Journal of the American Dietetic Association*, 109(7), 1266-1282.
- Czerwinski, S. M., Martin, J. M., & Bechtel, P. J. (1994). Modulation of IGF mRNA abundance during stretch-induced skeletal muscle hypertrophy and regression. *Journal of Applied Physiology* (1985), 76(5), 2026-2030.
- Chen, M. D., & Rimmer, J. H. (2011). Effects of exercise on quality of life in stroke survivors: a meta-analysis. *Stroke*, 42(3), 832-837. doi: 10.1161/strokeaha.110.607747
- Chou, C. H., Hwang, C. L., & Wu, Y. T. (2012). Effect of exercise on physical function, daily living activities, and quality of life in the frail older adults: a meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 93(2), 237-244. doi: 10.1016/j.apmr.2011.08.042
- del Favero, S., Roschel, H., Artioli, G., Ugrinowitsch, C., Tricoli, V., Costa, A., . . . Gualano, B. (2012). Creatine but not betaine supplementation increases muscle phosphorylcreatine content and strength performance. *Amino Acids*, 42(6), 2299-2305. doi: 10.1007/s00726-011-0972-5

- Deldicque, L., Louis, M., Theisen, D., Nielens, H., Dehoux, M., Thissen, J. P., . . . Francaux, M. (2005). Increased IGF mRNA in human skeletal muscle after creatine supplementation. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(5), 731-736.
- Felser, S., Behrens, M., Fischer, S., Heise, S., Baumler, M., Salomon, R., & Bruhn, S. (2016). Relationship between strength qualities and short track speed skating performance in young athletes. *Scandinavian journal of medicine and science in sports*, 26(2), 165-171. doi: 10.1111/sms.12429
- Forbes, D., Forbes, S. C., Blake, C. M., Thiessen, E. J., & Forbes, S. (2015). Exercise programs for people with dementia. *Cochrane Database Systematic Review*(4), Cd006489. doi: 10.1002/14651858.CD006489.pub4
- Giem, P., Beeson, W. L., & Fraser, G. E. (1993). The incidence of dementia and intake of animal products: preliminary findings from the Adventist Health Study. *Neuroepidemiology*, 12(1), 28-36.
- Granacher, U., Lesinski, M., Busch, D., Muehlbauer, T., Prieske, O., Puta, C., . . . Behm, D. G. (2016). Effects of Resistance Training in Youth Athletes on Muscular Fitness and Athletic Performance: A Conceptual Model for Long-Term Athlete Development. *Frontiers in Physiology*, 7, 164. doi: 10.3389/fphys.2016.00164
- Herda, T. J., Beck, T. W., Ryan, E. D., Smith, A. E., Walter, A. A., Hartman, M. J., . . . Cramer, J. T. (2009). Effects of creatine monohydrate and polyethylene glycosylated creatine supplementation on muscular strength, endurance, and power output. *Journal of strength and conditioning research*, 23(3), 818-826. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181a2ed11
- Higgins, J. P., & Green, S. (2005). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*: version.
- Juhn, M. S., & Tamopolsky, M. (1998). Potential side effects of oral creatine supplementation: a critical review. *Clinical journal of sport medicine*, 8(4), 298-304.
- Landa-Ramírez, E., & De Jesús, A. (2014). Herramienta PICO para la formulación y búsqueda de preguntas clínicamente relevantes en la psicooncología basada en la evidencia. *Psicooncología*, 11(55), 259-270.
- Li, D. (2011). Chemistry behind Vegetarianism. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(3), 777-784. doi: 10.1021/jf103846u
- Luchsinger, J. A., & Mayeux, R. (2004). Dietary factors and Alzheimer's disease. *Lancet Neurology*, 3(10), 579-587. doi: 10.1016/S1474-4422(04)00878-6
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & Group, P. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. doi: 10.1371/journal.pmed.1000097
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & Group, P. (2010). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *International Journal of Surgery*, 8(5), 336-341. doi: 10.1016/j.ijsu.2010.02.007
- Oliver, J. M., Jagim, A. R., Pischel, I., Jager, R., Purpura, M., Sanchez, A., . . . Kreider, R. B. (2014). Effects of short-term ingestion of Russian Tarragon prior to creatine monohydrate supplementation on whole body and muscle creatine retention and anaerobic sprint capacity: a preliminary investigation. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 11(1), 6. doi: 10.1186/1550-2783-11-6
- Owen, A., Dunlop, G., Rouissi, M., Chtara, M., Paul, D., Zouhal, H., & Wong del, P. (2015). The relationship between lower-limb strength and match-related muscle damage in elite level professional European soccer players. *Journal of Sports Science*, 33(20), 2100-2105. doi: 10.1080/02640414.2015.1064155
- Rawson, E. S., & Volek, J. S. (2003). Effects of creatine supplementation and resistance training on muscle strength and weightlifting performance. *Journal of Strength and Condition Research*, 17(4), 822-831.
- Raya-González, J., Suárez-Arrones, L., & Saez de Villareal, E. (2018). Efectos a corto plazo de un programa de entrenamiento de sobrecarga excéntrica sobre el rendimiento físico en jugadores de fútbol de élite U-16. *Retos*, 33, 106-111.
- Rizzo, G., Lagana, A. S., Rapisarda, A. M., La Ferrera, G. M., Buscema, M., Rossetti, P., . . . Vitale, S. G. (2016). Vitamin B12 among Vegetarians: Status, Assessment and Supplementation. *Nutrients*, 8(12). doi: 10.3390/nu8120767
- Rodriguez, N. R., Di Marco, N. M., & Langley, S. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(3), 709-731. doi: 10.1249/MSS.0b013e31890eb86
- Ruotsalainen, H., Kyngas, H., Tammelin, T., & Kaariainen, M. (2015). Systematic review of physical activity and exercise interventions on body mass indices, subsequent physical activity and psychological symptoms in overweight and obese adolescents. *Journal of Advanced Nursing*, 71(11), 2461-2477. doi: 10.1111/jan.12696
- Sahlin, K. (2014). Muscle energetics during explosive activities and potential effects of nutrition and training. *Sports Medicine*, 44 Suppl 2, S167-173. doi: 10.1007/s40279-014-0256-9
- Sahlin, K., Tonkonogi, M., & Soderlund, K. (1998). Energy supply and muscle fatigue in humans. *Acta Physiologica Scandinavica*, 162(3), 261-266. doi: 10.1046/j.1365-201X.1998.0298f.x
- Sánchez-Sixto, A., & Floría, P. (2017). Efecto del entrenamiento combinado de fuerza y pliometría en variables biomecánicas del salto vertical en jugadoras de baloncesto. Effects of combined plyometric and resistance training in biomechanical variables of the vertical jump in basketball players. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 31, 114-117.
- Shomrat, A., Weinstein, Y., & Katz, A. (2000). Effect of creatine feeding on maximal exercise performance in vegetarians. *European journal of applied physiology*, 82(4), 321-325. doi: 10.1007/s004210000222
- Spencer, E. A., Appleby, P. N., Davey, G. K., & Key, T. J. (2003). Diet and body mass index in 38000 EPIC-Oxford meat-eaters, fish-eaters, vegetarians and vegans. *International journal of obesity and related metabolic disorders*, 27(6), 728-734. doi: 10.1038/sj.ijo.0802300
- Stubbs, B., Rosenbaum, S., Vancampfort, D., Ward, P. B., & Schuch, F. B. (2016). Exercise improves cardiorespiratory fitness in people with depression: A meta-analysis of randomized control trials. *Journal of affective disorders*, 190, 249-253. doi: 10.1016/j.jad.2015.10.010
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419-1449. doi: 10.1007/s40279-016-0486-0
- Tamopolsky, M. A., & Safdar, A. (2008). The potential benefits of creatine and conjugated linoleic acid as adjuncts to resistance training in older adults. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 33(1), 213-227. doi: 10.1139/h07-142
- Thomas, D. T., Erdman, K. A., & Burke, L. M. (2016). American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(3), 543-568. doi: 10.1249/MSS.0000000000000852
- Volek, J. S., Duncan, N. D., Mazzetti, S. A., Staron, R. S., Putukian, M., Gomez, A. L., . . . Kraemer, W. J. (1999). Performance and muscle fiber adaptations to creatine supplementation and heavy resistance training. *Medicine and science in sports and exercise*, 31(8), 1147-1156.
- Volek, J. S., & Rawson, E. S. (2004). Scientific basis and practical aspects of creatine supplementation for athletes. *Nutrition*, 20(7-8), 609-614. doi: 10.1016/j.nut.2004.04.014
- Wax, B., Kavazis, A. N., & Luckett, W. (2016). Effects of Supplemental Citrulline-Malate Ingestion on Blood Lactate, Cardiovascular Dynamics, and Resistance Exercise Performance in Trained Males. *Journal of dietary supplements*, 13(3), 269-282. doi: 10.3109/19390211.2015.1008615
- Wilkinson, T. J., Lemmey, A. B., Jones, J. G., Sheikh, F., Ahmad, Y. A., Chitale, S., . . . O'Brien T, D. (2016). Can Creatine Supplementation Improve Body Composition and Objective Physical Function in Rheumatoid Arthritis Patients? A Randomized Controlled Trial. *Arthritis Care and Research (Hoboken)*, 68(6), 729-737. doi: 10.1002/acr.22747
- Yeung, J., Cleves, A., Griffiths, H., & Nokes, L. (2016). Mobility, proprioception, strength and FMS as predictors of injury in professional footballers. *BMJ open sport and exercise medicine*, 2(1), e000134. doi: 10.1136/bmjsem-2016-000134