

El impacto de la suplementación con creatina en el entrenamiento de fuerza en personas mayores de 50 años

José Carlos Díaz Montes

Carlos Gómez García

RESUMEN:

La suplementación deportiva está experimentando un auge positivo en estos últimos años puesto que permite al deportista mejorar su rendimiento. Dentro de ella encontramos la creatina, una ayuda ergogénica usada en el ámbito deportivo profesional que nos ofrece una variedad de beneficios que vienen contrastados bajo una gran evidencia científica.

El objetivo de esta revisión es observar el impacto que posee la creatina en personas mayores de 50 años, cuando éstas son sometidas al entrenamiento con cargas.

Por otro lado, se ha utilizado una metodología cualitativa a través de la revisión de una serie de artículos presentes en la plataforma PubMed. En ella se encontraron 149 resultados de los cuales 11 fueron los seleccionados. La exclusión de artículos se realizó teniendo en cuenta el año de publicación, tipo de intervención y edad y patologías de los participantes.

Por último, se concluye que la creatina es un suplemento seguro que ofrece adaptaciones positivas las cuales pueden ser potenciadas con una buena pauta alimenticia y cuyas especulaciones son aún objeto de estudios por parte de la comunidad científica.

1. INTRODUCCIÓN / JUSTIFICACIÓN

Tras años de decadencia, la industria de la suplementación deportiva, y su correspondiente uso, han experimentado un fuerte auge debido fundamentalmente a la creencia de que pueden contrarrestar deficiencias alimentarias, las cuales vienen precedidas de hábitos no saludables y/o a un estilo de vida cada vez más activo que demanda una serie de exigencias físicas (FEMEDE).

Por otro lado, con respecto al sector educativo, los conocimientos sobre suplementación suelen ser escasos o nulos. Este desconocimiento provoca que

niños y niñas deportistas no reciban, en ocasiones, el aporte energético necesario para aumentar y potenciar sus capacidades físicas.

Como bien nos aportan una serie de estudios (Metzl, J. D., Small, E., Levine, S. R., & Gershel, J. C., 2001; Ostojic, S. M., 2004) los jóvenes que consumen creatina han mejorado considerablemente su rendimiento deportivo, potenciando su resistencia y velocidad, además de cambios positivos en su apariencia física.

En multitud de estudios sobre las dietas que llevan a cabo los deportistas se hace referencia al uso común de los suplementos nutricionales. Aunque esta suplementación, además de cambiar dependiendo del deporte que se realice, se tiene que adaptar a las exigencias individuales de cada deportista, respetando el principio de individualidad (FEMEDE).

No cabe duda de que la suplementación ayuda al deportista a mejorar el rendimiento deportivo, pero a pesar de ello la industria de la suplementación nutricional carece de regulación. Esto provoca que el sector bombardee a los deportistas con campañas publicitarias que sobrevaloran o inventan beneficios que no han sido demostrados científicamente (FEMEDE).

Pero antes de seguir profundizando en el tema, se debe conocer el concepto de ayuda ergogénica. Según la Sociedad Española de Medicina del Deporte, una ayuda ergogénica es cualquier método realizado con el fin de proporcionar al organismo una mayor capacidad para desempeñar un trabajo físico y mejorar el rendimiento (Gil - Antuñano, N. P., & Marqueta, P. M., 2012).

2. OBJETIVOS

GENERALES

- Analizar y observar el impacto de la función y efectos de la creatina como ayuda ergogénica, en el entrenamiento con cargas, en población mayor a 50 años.

ESPECÍFICOS

- Identificar si existe relación entre el consumo de suplementos de creatina y el aumento de la fuerza en personas mayores.
- Identificar la dosis y el formato correcto para conseguir el máximo rendimiento con el consumo de creatina.
- Indicar posibles efectos secundarios y posibles casos de riesgo a la hora de consumir dicho suplemento.

- Señalar los beneficios que aporta el consumo de este suplemento en la calidad de vida de la población objetivo.

3. MARCO TEÓRICO

El suplemento que nos acontece en este artículo, la creatina, pertenece a las ayudas ergogénicas que, según el grado de evidencia científica (AIS), se encuentra en el grado A. Es decir, pertenece a un grupo de escasos suplementos con evidencia científica probada y demostrada, la cual se justifica en numerosos ensayos clínicos aleatorizados. Además, la ingesta de este suplemento se recomienda a deportistas que realizan ejercicios de alta intensidad y corta duración, como puede ser la halterofilia y pruebas atléticas de velocidad (Australian Institute of Sport, 2021).

La creatina es una sustancia presente en el cuerpo de forma natural, además de en las carnes rojas y los mariscos. La mayor presencia de esta sustancia (95%) se encuentra en el músculo esquelético. Esto se debe a que todas las células musculares necesitan un gran aporte de energía para funcionar siendo aquí donde la creatina entra en acción para proporcionarla. Es decir, cuando el músculo se ejercita de manera más sostenida necesita regenerar lo más rápido posible su ATP, por tanto, para que esto ocurra la enzima creatina quinasa transfiere el grupo fosforilo de la molécula de PCr a otra de ADP, de manera que el ADP se convierte de nuevo en ATP. Por otro lado, el resto (5%), se encuentra en el cerebro y en los testículos (Australian Institute of Sport, 2021).

Además, la creatina es una de las sustancias ergogénicas más conocidas para los deportistas, tal y como lo recoge la National Collegiate Athletic Association (NCAA), que en 2014 afirmó, a través de un estudio, el gran porcentaje de deportistas que consumen creatina según la disciplina deportiva. (Kreider, R. B., Kalman, D. S., Antonio, J., Ziegenfuss, T. N., Wildman, R., Collins, R., ... & Lopez, H. L., 2017).

También se sabe que, aproximadamente, el 50% de los deportistas que participan en los Juegos Olímpicos y el 90% de powerlifters y culturistas la toman asiduamente, lo cual justifica con creces la multitud de beneficios que posee, además de lo extendido que está su uso. (Rodríguez Martín, E., & Rodríguez Mederos, J., 2020).

4. INTERÉS Y RELEVANCIA

Si aplicamos precauciones y una correcta supervisión, la suplementación con creatina en atletas jóvenes es admisible, pero, ¿qué pasa si cambiamos la población objetivo, pasando de personas jóvenes a otras mayores de 50 años?

Pues bien, partimos de la base de que la disminución de la masa del tejido magro y de la fuerza, relacionada con la edad, son los factores principales que favorecen el desarrollo de la sarcopenia.

La sarcopenia se puede definir como la reducción de la masa muscular esquelética, la fuerza y el rendimiento con el paso de la edad (Cruz-Jentoft, A. J., Bahat, G., Bauer, J., Boirie, Y., Bruyère, O., Cederholm, T., ... & Zamboni, M., 2019).

Todo esto, además de otros factores externos a la revisión, dan como resultado que el 10%, aproximadamente, de la población adulta de más de 50 años tiene sarcopenia (Cruz-Jentoft, A. J., Bahat, G., Bauer, J., Boirie, Y., Bruyère, O., Cederholm, T., ... & Zamboni, M., 2019).

Esto genera un efecto negativo en cuanto a la independencia funcional y calidad de vida del sujeto en general. Además, tampoco podemos olvidar que la sarcopenia está asociada a otras enfermedades y estados de salud relacionados con la edad, ya sea la osteoporosis o la fragilidad física (Candow, D. G., Forbes, S. C., Kirk, B., & Duque, G., 2021).

Además, existen líneas de investigación que sugieren que la sarcopenia está causada por cambios relacionados con la edad en la cinética de las proteínas musculares, la función y la fisiología neuromusculares y la morfología del músculo esquelético (Cruz-Jentoft, A. J., Bahat, G., Bauer, J., Boirie, Y., Bruyère, O., Cederholm, T., ... & Zamboni, M., 2019).

También se produce un hecho curioso relacionado con la edad, y es que a medida que ésta aumenta, la ingesta dietética de creatina, el cual es un componente clave para la bioenergética muscular, disminuye (Brosnan, J. T., & Brosnan, M. E., 2007). Por tanto, la combinación de suplementos de creatina y el entrenamiento de resistencia tiene potencial para servir como medida preventiva para contrarrestar la pérdida de masa magra y fuerza, ya que de esta manera influimos en el metabolismo anaeróbico, la regulación del calcio y el glucógeno, la cinética de las proteínas musculares, la inflamación y el estrés oxidativo (Candow, D. G et al., 2021) (Candow, D. G., Forbes, S. C., Chilibeck, P. D., Cornish, S. M., Antonio, J., & Kreider, R. B., 2019).

De hecho, la mayor parte de la creatina es absorbida por el músculo esquelético, donde se produce la combinación del mismo con el fosfato para formar fosforilcreatina (PCr). La PCr atenúa los niveles de trifosfato de adenosina (ATP) para mejorar la capacidad del ejercicio de alta resistencia, lo que permite trabajar con mayores volúmenes durante las sesiones de entrenamiento de resistencia. Además, la creatina también favorece el “hinchazón” de las células puesto que se produce el aumento de agua por osmosis, lo que permite activar la síntesis de proteínas dentro de las fibras musculares (Chilibeck, P. D., Kaviani, M., Candow, D. G., & Zello, G. A., 2017).

Diversos meta-análisis han determinado que la suplementación con creatina durante el entrenamiento de resistencia es eficaz para mejorar la masa del tejido magro y algunas medidas de fuerza muscular en comparación con otros entrenamientos de resistencia sin uso de suplementación con creatina en adultos mayores (+60 años) (Candow DG, Chilibeck PD, Forbes SC., 2014) (Devries, M. C., & Phillips, S. M., 2014).

Por tanto, escogemos este suplemento para identificar si su consumo propicia que las personas mayores aumenten su calidad de vida, reduciendo posibles lesiones y la pérdida de masa muscular, además de observarse mejora en una de las capacidades físicas básicas como es la fuerza.

Por otro lado, la población objetivo son las personas mayores de 50 años puesto que, en esta franja de edad, se podría comenzar a observar una diferencia notoria con respecto a personas de 20, 30 y 40 años que, posiblemente, se encuentren en mejor estado tanto físico como psicológico (Stares, A., & Bains, M., 2020).

Por último, con este trabajo se pretende observar y analizar cómo podría influir la creatina en una persona mayor que pudiera necesitar alguna ayuda adicional para mejorar el rendimiento deportivo, si así lo considera, y para poder vivir de la manera más óptima posible, alargando al máximo la aparición de problemas físicos propios de la edad como la sarcopenia. Además, también creo conveniente destacar la importancia de la suplementación de creatina en educación primaria debido a los aportes que ésta ofrece y que he justificado, anteriormente, basándome en distintas evidencias científicas.

5. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

BASE DE DATOS

La pregunta que se ha considerado para la revisión es: ¿Cómo influye la ingesta de creatina en el entrenamiento con cargas, en personas mayores a 50 años?

Para responderla se ha realizado una búsqueda en la web de investigación PubMed, usando las siguientes palabras claves: “Creatine”, “Resistance training” y “Elderly”.

Además, para obtener y aportar información relevante sobre la temática se han realizado búsquedas adicionales con las palabras “Creatine”, “Young people”, “Sport”, “School”, “Chemical syntheses” e “Industrial production”.

La búsqueda en la base de datos mencionada ha tenido lugar entre enero y febrero de 2022, teniendo en cuenta que los artículos estuvieran comprendidos en un periodo de tiempo de 10 años, es decir, entre 2012 y 2022.

Todos los estudios incluidos en esta revisión tratan de informar sobre los resultados obtenidos al realizar entrenamientos con cargas combinados con el consumo de la ayuda ergogénica de creatina en una población principal: hombres y mujeres a partir de 50 años.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

En primer lugar, se han seleccionado los tipos de estudios basados en dos modalidades: ensayos clínicos aleatorizados y controlados, y meta-análisis.

A continuación, se ha incluido el período de publicación. Es decir, aquellos estudios que han sido publicados entre 2012 y febrero de 2022.

Por otro lado, con respecto al tipo de intervención, se han incluido aquellos que tienen como objetivo comprobar el efecto del consumo de creatina sobre el músculo esquelético y la fuerza durante la realización de sesiones de entrenamiento con cargas.

Por consiguiente, el tipo de participantes son hombres y mujeres que comprenden edades superiores a 49 años.

Por último, se ha seleccionado una población que no posee enfermedad alguna.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Han sido excluidos revisiones no sistemáticas, recomendaciones de expertos y estudios que no poseen evidencia científica o aquellos cuyo objetivo fuese valorar el efecto de tal suplemento en personas con una enfermedad determinada. También se han excluido todos aquellos estudios que estuviesen publicados en idiomas distintos del español y del inglés y aquellos que fueron publicados antes del 2012.

Por último, aquellos artículos que evaluaban a personas con una edad inferior a 50 años también han sido eliminados de la selección, así como todos los que no han cumplido criterios de inclusión tanto en el resumen como en el estudio en sí.

Esquema resumen



Figura 1. Diagrama de búsqueda y selección de artículos. Elaboración propia.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE HALLAZGOS

PRODUCCIÓN ARTIFICIAL DE CREATINA

La creatina, como se ha mencionado anteriormente, es aportada por el organismo de manera natural, pero esta dosis va disminuyendo de manera proporcional al aumentar la edad.

Ante esta problemática, se puede consumir de manera artificial, lo que nos lleva al interrogante de cómo es capaz el ser humano de producir de manera no natural dicho suplemento. Como respuesta, existen varios procesos que nos llevan al producto final:

En primer lugar, basados en el proceso de fabricación de Weiss y Krommer en 1995, la creatina puede obtenerse mediante la reacción de cianamida y sarcosinato de sodio, la cual se regula con ácido acético hasta conseguir un valor de pH 10.

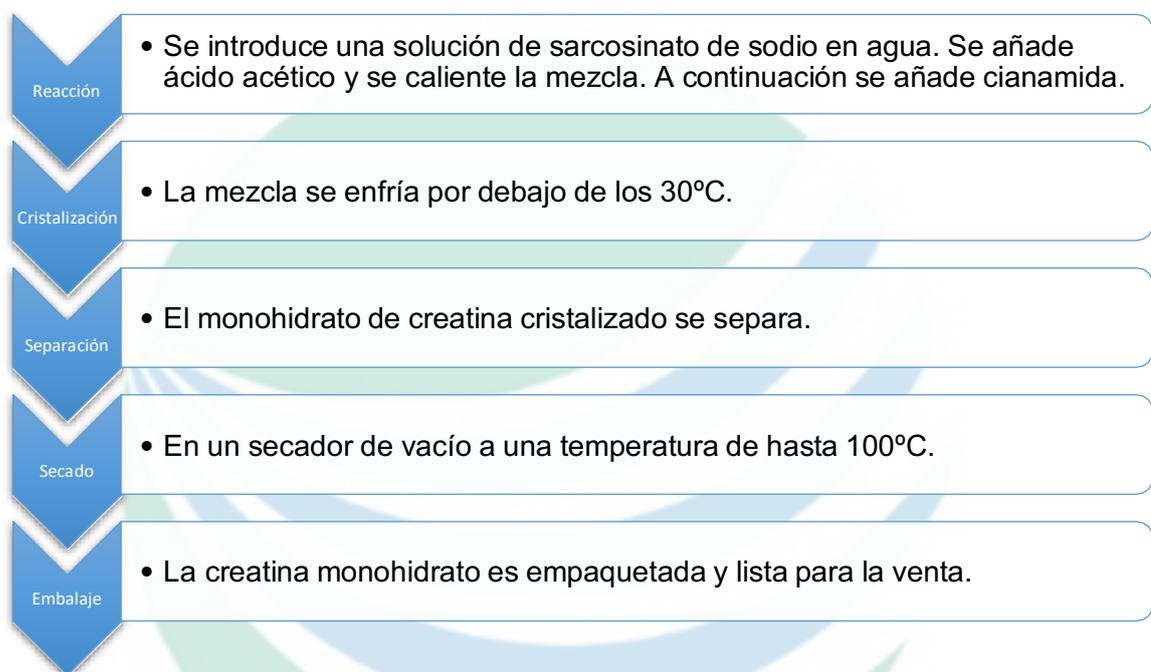


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso industrial para la síntesis de monohidrato de creatina (Weiss y Krommer, 1995).

En segundo lugar, encontramos la síntesis de creatina a partir de sarcosinatos y O- alquilisourea. Ésta se describe mediante la introducción de O- alquilisourea en una solución acuosa de sarcosina, manteniendo un pH de 10-12 y a una temperatura entre 5 y 25 °C. Los cristales de monohidrato de creatina se obtienen y se purifican mediante una serie de lavados con agua y alcoholes (Kesses y Kluge, 1998).

Por último, encontramos la síntesis de creatina a partir de sarcosinatos y S- alquilisotiourea. Siguiendo una patente china, el proceso se describe de la siguiente manera: a una solución acuosa diluida, sin procesar, de N- metilglicinato de sodio se añade ácido clorhídrico concentrado bajo agitación y enfriamiento por debajo de los 15°C para ajustar el pH a 9,5. Posteriormente, a una

temperatura inferior a 35°C, se añade a la solución sulfato de S-metilsotiurea bajo agitación. A continuación, se añade vapor caliente en la solución de la reacción y la masa cristalina se separa por centrifugación seguida de varios lavados con agua, ácidos y alcohol. Finalmente, tras secarse al vacío a 40°C, se obtiene el monohidrato de creatina con una pureza del 99,3% (An et al., 1999).

PROTOCOLOS DE CONSUMO

Dentro de los protocolos de consumo del suplemento con creatina encontramos varias sugerencias que son eficaces para aumentar las reservas musculares de creatina. Antes de dar paso a los protocolos es necesario saber que el aumento en el almacenamiento muscular depende de los niveles de creatina en el músculo previo a la suplementación. Es decir, aquellos que poseen menos reservas de creatina en el músculo son personas que no consumen suficiente carne y pescado, por tanto, poseen más probabilidad de experimentar aumentos del 20-40% en el almacenamiento muscular. Por otro lado, los individuos con reservas musculares relativamente altas pueden aumentar un 10-20% (Buford, T. W., Kreider, R. B., Stout, J. R., Greenwood, M., Campbell, B., Spano, M. & Antonio, J., 2007).

- La magnitud del aumento del contenido de creatina en el músculo esquelético es importante debido a que diversos estudios han afirmado que los cambios en el rendimiento están relacionados con dicho aumento (Greenhaff, P. L., Casey, A., Short, A. H., Harris, R., Soderlund, K., & Hultman, E., 1993). Este protocolo se caracteriza por la ingesta de, aproximadamente, 0,3 gramos/kg/día de creatina monohidrato durante 5-7 días y 3-5 gramos/día después (Williams, M. H., Kreider, R. B., & Branch, J. D., 1999).
- Por otro lado, otras investigaciones han informado que el protocolo de carga solo debe durar 2-3 días para ser beneficioso, especialmente si la ingesta coincide con el consumo de proteínas y/o carbohidratos (Steenge, G. R., Simpson, E. J., & Greenhaff, P. L., 2000).
- Otros protocolos de suplementación utilizados incluyen aquellos sin fase de carga. Algunos estudios han informado que los protocolos sin periodo de carga son suficientes para aumentar las reservas de creatina (3 gramos/día durante 28 días), así como el tamaño y la fuerza muscular (6 gramos/día durante 12 semanas) (Hultman, E., Soderlund, K., Timmons, J. A., Cederblad, G., & Greenhaff, P. L., 1996). Estos protocolos parecen ser igual de eficaces para aumentar las reservas, pero dicho incremento es más gradual y, por tanto, el efecto ergogénico se produce más lentamente.

- Por otro lado, los protocolos cíclicos implican el consumo de una dosis de carga durante 3-5 días cada 3-4 semanas (Williams, M. H., Kreider, R. B., & Branch, J. D., 1999). Estos parecen ser eficaces para aumentar y mantener el contenido de creatina en el músculo antes de que se produzca un descenso a los valores de referencia, lo cual ocurre a las 4-6 semanas aproximadamente (Candow, D. G., Chilibeck, P. D., Chad, K. E., Chrusch, M. J., Davison, K. S., & Burke, D. G., 2004).

TIPOS DE CREATINA

La creatina es el suplemento más usual en el mundo deportivo, siendo la monohidrato la más conocida. De hecho, aludimos a esta variante cuando hablamos de creatina como suplemento. No obstante, no es la única opción que podemos encontrar en un mercado cada vez más amplio (Martín de la Peña, R., 2019). Por ello, a continuación, vamos a desgarnar qué tipos de creatina podemos encontrar:

Creatina alcalina

Esta variante se obtiene incorporando carbonato de sodio (compuesto alcalino) al monohidrato de creatina. Con este proceso se consigue un pH superior a 7, además de conseguir una mayor absorción sin sufrir degradaciones (gracias a que el pH gástrico es bajo). Aun así, ya se ha demostrado con anterioridad que la creatina monohidrato posee una buena absorción sin degradaciones considerables (Martín de la Peña, R., 2019).

Creatina etil éster

Esta distinción se consigue añadiendo un éster al monohidrato de creatina. Su objetivo es incrementar la absorción y reducir el aumento de agua corporal o “retención de líquidos” (Martín de la Peña, R., 2019).

Según un estudio, este tipo de creatina no se absorbe correctamente, además de degradarse fácilmente a creatinina, consiguiendo así una menor eficiencia en el aumento de creatina muscular (Giese, M. W., & Lecher, C. S., 2009).

Creatina HCL

Ésta está adherida molecularmente con HCl (ácido clorhídrico). Su objetivo es aumentar la solubilidad y el índice de absorción, siendo el primer aspecto demostrado mediante un estudio (Gufford, B. T., Sriraghavan, K., Miller, N. J., Miller, D. W., Gu, X., Vennerstrom, J. L., & Robinson, D. H., 2010). No obstante,

no existen ensayos clínicos de alta calidad que justifiquen su intervención práctica.

Citrato de creatina

Este tipo de creatina tiene una solubilidad y una constante de velocidad de disolución más altas en comparación con la creatina y el monohidrato de creatina. La formulación efervescente que contiene citrato de di-creatina, cuando se disuelve en un gran volumen de agua y se almacena durante un período de una semana, sufre una degradación significativa. La cristalización del monohidrato de creatina de dicha solución en condiciones de refrigeración y cuando la concentración de creatina en la solución supera los 15,6 mg/mL, una concentración popular utilizada por los atletas (15 g creatina/960 mL de agua). El citrato de di-creatina se disocia a creatina en soluciones acuosas con la liberación de ácido cítrico. Parte de la creatina formada se cristaliza de la solución como monohidrato de creatina, otra se convierte a una forma más soluble en agua, la creatina, y el resto permanece como creatina en solución (Ganguly, S., Jayappa, S., & Dash, A. K. 2003).

Creatina de piruvato

El ácido pirúvico o la sal piruvato se sintetiza de forma endógena dentro del metabolismo de los hidratos de carbono (Andres, S., Ziegenhagen, R., Treflich, I., Pevny, S., Schultrich, K., Braun, H., ... & Lampen, A. 2017).

El piruvato de creatina (CrPyr) es un compuesto que contiene ácido pirúvico puro unido molecularmente a creatina pura en una proporción de 40:60. El pirúvico se forma en el cuerpo como subproducto del metabolismo normal de los carbohidratos y las proteínas. Así, el ácido pirúvico puede unirse a la creatina para mejorar el uso de ambos compuestos (CrPyr). Además, esta variante de la creatina desempeña un papel importante en la lipólisis y la síntesis de proteínas y que su efecto es más pronunciado que el del piruvato o el de creatina por separado (Chen, J., Huang, J., Deng, J., Ma, H., & Zou, S. 2012).

Otros

Por último, caben mencionar también otras variantes de creatina que no son tan usadas, pero que de igual manera están presentes. Estas pueden ser la creatina líquida, con mayor degradación y menor efectividad (Gill, N. D., Hall, R. D., & Blazevich, A. J., 2004), y la creatina quelato de magnesio, la cual no posee

propiedades superiores a la monohidrato (Selsby, J. T., DiSilvestro, R. A., & Devor, S. T., 2004).

BENEFICIOS DE LA CREATINA

Atendiendo a la información aportada por Kreider et al. en la “International Society of Sports Nutrition” en 2017, vamos a desglosar una lista de beneficios que nos aporta dicho suplemento:

- Aumento del rendimiento en sprints simples y repetidos.
- Aumento del trabajo realizado durante las series de esfuerzo muscular máximo (RM).
- Incremento de la masa muscular y adaptaciones de la fuerza durante el entrenamiento.
- Incremento de la síntesis de glucógeno.
- Aumento del umbral anaeróbico.
- Posibles mejoras de la capacidad aeróbica a través de un mayor cierre de ATP de las mitocondrias.
- Aumento de la capacidad de trabajo.
- Mejora la recuperación.
- Mayor tolerancia al entrenamiento.

EFFECTOS ADVERSOS

Tal y como se ha mencionado anteriormente, la creatina se considera un suplemento con alta evidencia científica, por tanto, estamos hablando de un suplemento que garantiza seguridad en su consumo. Además, no existen pruebas de efectos adversos graves sistemáticos relacionados con la administración de suplementos de monohidrato de creatina. Las especulaciones y anécdotas sobre la disfunción muscular, renal y termorreguladora no están respaldadas por la investigación o la vigilancia posterior a la comercialización (Kreider, R. B., Kalman, D. S., Antonio, J., Ziegenfuss, T. N., Wildman, R., Collins, R., Candow, D. G., Kleiner, S. M., Almada, A. L. & Lopez, H. L. 2017).

Es cierto que, ocasionalmente, se han descrito una serie de efectos adversos tales como dolor en el abdomen y calambres, lo cual viene asociado a una dosis excesiva o una mala hidratación, y no al suplemento de manera sistemática (Kim, H. J., Kim, C. K., Carpentier, A., & Poortmans, J. R., 2011).

También se han reportado casos aislados donde se ha producido daño renal con el consumo de creatina. Sin embargo, éstos estaban relacionados con el

uso inadecuado del suplemento o por la combinación de varias ayudas ergogénicas (Thorsteinsdottir, B., Grande, J. P., & Garovic, V. D., 2006).

Por consiguiente, se estableció una posible relación entre la creatina y el cáncer. Esto se debió a que la creatina podría potenciar la formación de aminas heterocíclicas carcinógenas. No obstante, se ha demostrado que esta relación no existe, además de determinar la dieta como un factor más importante para la formación de estas aminas (Pereira, R. T. D. S., Dörr, F. A., Pinto, E., Solis, M. Y., Artioli, G. G., Fernandes, A. L., ... & Gualano, B., 2015).

Sin embargo, sí hay algunas implicaciones de la suplementación con creatina que merecen ser discutidas, como puede ser el aumento de peso y/o el malestar del tracto gastrointestinal (Australian Institute of Sport. 2021).

Con respecto al aumento del peso corporal se ha llegado a las siguientes conclusiones Australian Institute of Sport. (2021):

- Como la ingestión de hidratos de carbono y el aumento del glucógeno muscular se asocia a un aumento agudo de la masa corporal secundaria y al aumento del agua corporal, el aumento de la ingestión de creatina y de la creatina muscular también se asocia a un aumento de peso/agua corporal. Sin embargo, con los suplementos de creatina este aumento de la masa corporal se mantiene mientras la creatina muscular permanece elevada. Tras el cese de la suplementación con creatina, los niveles de creatina muscular, y por lo tanto la masa corporal, disminuyen lentamente hasta llegar a la normalidad en un plazo de 4 a 6 semanas.
- La suplementación con creatina ofrece una ventaja metabólica, pero podría presentar una desventaja biomecánica para algunos atletas. En teoría, los deportes que se apoyan en el peso corporal (por ejemplo, el atletismo) podrían verse afectados negativamente por la suplementación con creatina.

Por último y con respecto al malestar del tracto gastrointestinal se puede concluir que:

- Algunas personas pueden experimentar molestias gastrointestinales leves y temporales durante la administración de suplementos, aunque esto es anecdótico y no se ha informado ampliamente en la literatura (Australian Institute of Sport, 2021).
- Evitar la fase de carga en favor del protocolo de suplementación de dosis más bajas y de mayor duración. Ingerir la creatina con las comidas, no ingerir creatina al mismo tiempo que alimentos ricos en fibra o suplementos que

se sabe que aumentan las alteraciones gastrointestinales (por ejemplo, el bicarbonato de sodio) (Australian Institute of Sport, 2021).

USO DE CREATINA EN PERSONAS MAYORES

En el siguiente apartado, vamos a realizar una introducción sobre diversas cuestiones que ponen en relación el consumo de la ayuda ergogénica que se está tratando con la población objetivo.

Estos interrogantes hablan sobre el contenido de creatina muscular y el aumento de la masa muscular.

¿Se reduce el contenido de creatina muscular en las personas mayores?

Hay pruebas que sugieren que el contenido de creatina muscular puede fluctuar en función de la longevidad de la persona. Algunas investigaciones sugieren que dicho contenido podría disminuir en individuos de edad avanzada en comparación con sus jóvenes (Forsberg et al. 1991; Moller et al. 1980). Además, los mecanismos subyacentes a una posible reducción de la creatina muscular inducida por el envejecimiento son múltiples (Rawson y Venezia 2011):

- Atrofia de las fibras tipo II, que se ha demostrado que poseen un mayor contenido de fosforilcreatina.
- Reducción progresiva del consumo de carne, que es la principal fuente dietética de creatina.
- Reducción de los niveles de actividad física, que puede influir en la atrofia de las fibras tipo II.

También, hay que destacar que el contenido de la proteína transportadora de creatina (CreaT) no se ha visto afectada en individuos pertenecientes a la población objetivo, por tanto, se sugiere que el envejecimiento en sí no es el responsable de la reducción de estos niveles de creatina, sino más bien los cambios comportamentales asociados a la edad, como puede ser la reducción de la actividad física o la menor ingesta de carne (Gualano, B., Rawson, E. S., Candow, D. G., & Chilibeck, P. D., 2016).

¿Puede la suplementación con creatina mejorar la masa muscular en la población objetivo?

Un reciente meta-análisis que comprende 357 personas mayores demostró que la suplementación con creatina durante el entrenamiento de resistencia puede incrementar la ganancia de masa muscular, la fuerza y el rendimiento

funcional en comparación con el mismo tipo de entrenamiento, pero sin hacer uso de dicha ayuda ergogénica (Devries y Phillips 2014). Esta conclusión se limitó a estudios realizados con personas sanas de edad avanzada, debido a la escasez de investigaciones con individuos más vulnerables en el momento de la publicación.

Aun así, datos más recientes han demostrado que esta ayuda ergogénica también puede mejorar la masa muscular en individuos mayores que presentan deficiencias físicas. Ello pudo justificarse en un ensayo clínico aleatorizado de seis meses de duración que demostró que la creatina, combinada con el entrenamiento de resistencia, era capaz de aumentar la masa magra, la fuerza máxima y la función muscular en mayor medida que el entrenamiento de resistencia o la suplementación con creatina por sí solos, en personas físicamente inactivas y con enfermedades. Curiosamente, la incidencia de sarcopenia a lo largo del ensayo fue menor en los grupos de creatina frente a los de placebo (Gualano et al. 2014).

Además, la administración de esta ayuda ergogénica a corto plazo (es decir, de 5 a 7 días), incluso sin la realización de entrenamientos, ha demostrado ser suficiente para aumentar la masa corporal total (posiblemente debido a la retención de agua), mejorar la resistencia a la fatiga, aumentar la fuerza muscular y el rendimiento de las actividades cotidianas del día a día, en individuos mayores (Gotshalk et al. 2008; Stout et al. 2007).

Asimismo, la combinación de dicha ayuda ergogénica con el entrenamiento de resistencia parece actuar de forma sinérgica para producir mayores efectos en el músculo esquelético que el entrenamiento de resistencia por sí solo (Gualano et al. 2014; Wilkinson et al. 2015).

Tabla I. Estudios analizados. Elaboración propia.

Estudios analizados Autor	Población	Duración	Tipo de intervención	Resultados
Bernat, P., Candow, D. G., Gryzb, K., Butchart, S., Schoenfeld, B. J., & Bruno, P. (2019).	24 hombres sanos mayores de 50 años.	8 semanas.	<p>Dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Experimental: monohidrato de creatina. • Control: placebo <p>Protocolo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pauta alimentaria de tres días durante primera y última semana de entrenamiento más suplementación. • 24 horas antes suplementación con monohidrato de creatina máxima calidad. • 5 minutos antes de cada sesión: ingesta del suplemento con agua. <p>Se midió: fuerza muscular (ejercicios de piernas 1RM, prensa de pecho, flexión y extensión de codos y rodillas), grosor muscular y Rend. Físico.</p>	<p>Se observó aumento de la fuerza muscular, el grosor del músculo y el rendimiento físico en varones mayores sanos no entrenados. La adición de suplementos de creatina al HVRT aumentó aún más la fuerza de la prensa de piernas y la fuerza total de la parte inferior del cuerpo.</p> <p>Además, se produjo un aumento del equilibrio.</p>

Estudios analizados Autor	Población	Duración	Tipo de intervención	Resultados
Candow, D. G., Vogt, E., Johannsmeyer, S., Forbes, S. C., & Farthing, J. P. (2015).	64 personas mayores de 50 años (38 mujeres y 26 hombres).	32 semanas.	<p>Dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Experimental: monohidrato de creatina. • Control: placebo <p>Protocolo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suplementación con monohidrato de creatina pre-entreno <p>Calentamiento previo al entrenamiento y posterior al consumo de creatina.</p> <p>Se midió: fuerza muscular (3x12) (prensa de piernas, prensa de pecho, jalón al pecho, extensión de piernas, extensión tríceps, curl bíceps, prensa pantorrilla y curl abdominal), masa magra, grosor muscular y rendimiento físico.</p>	En el presente estudio se observó el aumento de la fuerza y tamaño muscular, el grosor del músculo, el rendimiento físico y disminución de grasa en hombres y mujeres mayores sanos no entrenados.

Estudios analizados Autor	Población	Duración	Tipo de intervención	Resultados
Candow, D. G., Chilibeck, P. D., Gordon, J., Vogt, E., Landeryou, T., Kavian, M., & Paus-Jensen, L. (2021).	38 hombres entre 49 y 69 años.	12 meses.	<p>Dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Experimental: monohidrato de creatina. • Control: placebo <p>Protocolo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suplementación pre-entreno con agua, zumo o leche. • Pautas de respiración previo entrenamiento. • Aumento progresivo de las cargas. <p>Se midió: fuerza muscular (3x10) (sentadilla hack y press de pecho), densidad mineral ósea, calidad del IMC y rendimiento físico.</p>	Se observó aumento de la fuerza y tamaño muscular, el rendimiento físico y cambios positivos en la DMO y la geometría.
Candow, D. G., Chilibeck, P. D., Gordon, J. J., & Kontulainen, S. (2021).	70 personas (39 hombres y 31 mujeres) mayores de 48 años.	12 meses.	<p>Dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Experimental: monohidrato de creatina. • Control: placebo <p>Protocolo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suplementación diaria (no especifica timing) de máxima calid, con la comida. • Uso de cuadernos de registro. • Aumento progresivo de las cargas. <p>Se midió: fuerza muscular (3x10) (ejercicios con tensión en antebrazo y pierna, flexión de codo y flexión de tobillo), densidad ósea, tamaño muscular y rendimiento físico.</p>	Se observó aumento de la fuerza y tamaño muscular, la densidad de los huesos y el rendimiento físico en hombres y mujeres sanos no entrenados.

Estudios analizados Autor	Población	Duración	Tipo de intervención	Resultados
Chilibeck, P. D., Candow, D. G., Landeryou, T., Kavian, M., & Paus-Jenssen, L. (2015).	47 mujeres sanas.	12 meses	<p>Dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Experimental: monohidrato de creatina. • Control: placebo <p>Protocolo: Suplementación pre y post entreno mezclada con agua, zumo oleche e ingerida con la comida. Creatina de máxima calidad.</p> <p>Se midió: fuerza muscular (10RM: jalón al pecho, curl bíceps-tríceps, press militar y extensión cuádriceps y 8RM: sentadilla y press banca), densidad ósea y rendimiento físico.</p>	En este estudio se observó una mejora de la fuerza, así como un aumento del DMO y de la calidad ósea. Como consecuencia de esto, los resultados en cuanto al rendimiento mejoraron.
Johannsmeyer, S., Candow, D. G., Brahms, C. M., Michel, D., & Zello, G. A. (2016).	14 mujeres y 17 hombres sanos.	12 semanas	<p>Dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Experimental: monohidrato de creatina. • Control: placebo <p>Protocolo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Familiarización previa al entrenamiento. • Suplementación pre y post entreno con una comida. • Creatina de máxima calidad. <p>Se midió: fuerza muscular (1x10 y 1x5 en presa de pierna y pecho, sentadilla y jalón al pecho. Tras esto 1RM.), peso e índice de masa corporal y rendimiento físico.</p>	Este estudio justificó un aumento del peso corporal debido a una mayor cantidad de masa muscular. También disminuyó la grasa corporal y, por último, en cuanto al rendimiento los resultados mejoraron progresivamente, incluyendo mejoras de tracción.

Estudios analizados Autor	Población	Duración	Tipo de intervención	Resultados
Pinto, C. L., Botelho, P.B., Carneiro, J. A., & Mota, J. F. (2016).	32 hombres y mujeres sanos entre 60 y 80 años.	12 semanas.	<p>Dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Experimental: Creatina monohidrato. • Control: Placebo. <p>Protocolo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suplementación con comida en días de no entreno y post-entrenos días de sesión, disuelta en líquido. • Creatina de máxima calidad. <p>Instrucción nutricional.</p> <p>Se midió: fuerza muscular (3x13-15 en ejercicios de abdomen y lumbar; 3x10-13 en press banca y prensa de pierna), el grosor muscular y óseo, el IMC, la DMO el rendimiento físico.</p>	<p>Se observó aumento de la fuerza y tamaño muscular, la densidad de los huesos con una mejora en la DMO y la CMO.</p> <p>Por último, se concluyeron mejoras en el rendimiento físico.</p>
Candow, D. G., Zello, G.A., Ling, B., Farthing, J. P., Chilibeck, P.D., McLeod, K., ... & Johnson, S. (2014).	22 personas sanas entre 50 y 64 años (9 hombres y 13 mujeres)	12 semanas.	<p>Dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CR antes: monohidrato de creatina pre entreno. • CR después: monohidrato de creatina post entreno. <p>Protocolo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suplementación pre entreno + placebo post en grupo CR antes y placebo pre entreno + creatina post en grupo CR después. • Creatina de máxima calidad e ingerida mezclada con agua. <p>Se midió: fuerza muscular (1RM en prensa de pierna y pecho y 3x10 en extensiones y curls de pierna y brazo), composición corporal, grosor muscular, la microalbúmina urinaria y el rendimiento físico.</p>	<p>Este estudio arrojó datos concluyentes que justifican aumentos en la fuerza y tamaño muscular y mejoras de la composición corporal.</p> <p>Por otro lado, no existen anomalías en cuanto a las medidas de microalbúmina urinaria y se mejoraron los resultados con respecto al rendimiento.</p>

Estudios analizados Autor	Población	Duración	Tipo de intervención	Resultados
Chami, J., & Candow, D. G. (2019).	33 personas mayores de 49 años	10 días	<p>Tres grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CR alta: 0,3 g/kg/día de creatina • CR moderada: 0,1 g/kg/día de creatina • Placebo: 0,4 g/kg/día de maltodextrina <p>Protocolo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2-3 dosis diarias con comida o bebida (no específica timing). <p>Protocolo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Creatina de máxima calidad. • Sin descanso en el consumo de suplementación. <p>Se midió: fuerza muscular (1RM en prensa de piernas y press banca), fuerza de agarre (dinamómetro) resistencia muscular (80% 1RM en prensa de pierna y press banca) y el equilibrio.</p>	<p>Se observó un aumento de la fuerza y resistencia muscular, además de un aumento de la fuerza del agarre. Por último, se obtuvieron datos que justificaron una mejora del equilibrio.</p>
Alves, C. R. R., MeregeFilho, C. A. A., Benatti, F. B., Brucki, S., Pereira, R. M. R., de Sá Pinto, A.L., ... & Gualano, B. (2013).	56 mujeres sanas entre 60 y 80 años.	24 semanas.	<p>Dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Experimental: Creatina monohidrato. • Control: Placebo. <p>Protocolo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suplementación junto con las comidas. • Creatina de máxima calidad. • Recordatorios dietéticos 3 días en semana. <p>Se midió: fuerza muscular (3x12-15 en prensa de pecho y pierna, extensión de piernas, remo, sentadilla y abdominales), nivel de sensibilidad y rendimiento físico.</p>	<p>Este estudio observó mejoras en la fuerza muscular y en los resultados de rendimiento. Además, se aportaron datos que justificaron la reducción de los niveles de la escala de depresión geriátrica.</p>

Estudios analizados Autor	Población	Duración	Tipo de intervención	Resultados
Cooke, M. B., Brabham, B., Buford, T. W., Shelmadine, B. D., McPheeters, M., Hudson, G. M., ... & Willoughby, D. S. (2014).	28 hombres sanos entre 55 y 70 años.	12 semanas.	<p>Dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Experimental: Creatina monohidrato. • Control: Placebo. <p>Protocolo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suplementación junto con las comidas. • Sesión de familiarización aprobada por médicos. <p>Se midió: fuerza muscular (3x10-75%RM en ejercicios de tren inferior-superior) y el rendimiento físico.</p>	El presente estudio aportó datos que justificaron la mejora de la fuerza, sobre todo en prensa de pierna y press banca, así como el rendimiento de cada individuo en cuanto a los resultados obtenidos.

7. DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN

La indagación de estudios que tratan sobre el uso de la ayuda ergogénica con creatina ha resultado amplia, aunque se ha visto acotada por los objetivos de esta revisión. Aun así, este gran aporte de artículos científicos evidencia la gran relevancia de esta sustancia, tanto en deportistas como en personas no entrenadas.

Según los resultados que se han analizado en la presente revisión, se ha podido observar que hay multitud de autores que han desarrollado una investigación sobre este suplemento, aunque muchos de estos estudios no han sido de ayuda para elaborar este proyecto. Esto se debe a que muchos de estos autores han estudiado el comportamiento de la creatina, junto con el entrenamiento, para desarrollar efectos beneficiosos en personas con patologías.

En este proyecto, lo primero que se puede apreciar es una coincidencia en el tipo de ejercicio elegido en las intervenciones. Es decir, para la población objetivo los ejercicios a los que más se han sometido ha sido el press banca y la sentadilla. Seguido de esto se han introducido ejercicios complementarios tanto de tren inferior como superior, donde se han trabajado extensiones, curls y jalones.

Hay que mencionar que tanto la sentadilla como el press banca han sido utilizados para obtener la repetición máxima o RM de cada uno de los participantes.

En segundo lugar, en los once estudios que se han analizado, todos concluyen de la siguiente manera: el uso de la creatina, en combinación con el entrenamiento con cargas, permite no sólo mantener el rendimiento muscular, sino que lo mejora. Este aumento en los resultados obtenidos ha sido justificado mediante los ejercicios de RM, es decir, se ha comprobado la evolución de los sujetos mediante la carga que eran capaces de levantar a una repetición máxima.

Como consecuencia de este aumento en la RM se puede destacar que los estudios también coinciden en un aumento de la fuerza y resistencia muscular. Esto se justifica con el principio del incremento progresivo de las cargas que sigue cada intervención. Es decir, si la carga de un entrenamiento se mantiene constante durante un tiempo, genera un nivel de adaptación que no aumentará si no aumentamos dicha carga. Por tanto, en las intervenciones se pueden observar cómo los investigadores van alterando elementos de la carga de los programas de entrenamiento según vayan progresando los participantes.

También se observa que la mayoría de estudios analizados concluyen mejoras en la composición corporal. Esto quiere decir que el consumo de creatina, acompañado por un entrenamiento con cargas, aumenta el tejido magro corporal, así como la fuerza de extremidades del tren inferior y superior. Para ello, se realizaron medidas en relación a la masa corporal y el porcentaje graso.

Por otro lado, en dos estudios (Pinto, C. L., Botelho, P. B., Carneiro, J. A., & Mota, J. F., 2016); (Chilibeck, P. D., Candow, D. G., Landeryou, T., Kaviani, M., & Paus-Jenssen, L., 2015) se aportan conclusiones sobre la Densidad Mineral Ósea (DMO) y el Contenido Mineral Óseo (CMO). Estos autores coinciden en el aumento de DMO y CMO en todo el cuerpo en aquellos sujetos que pertenece al grupo experimental mientras que, el grupo control mejora sólo zonas específicas del fémur y el femoral.

Por último, veo conveniente destacar dos artículos que aportan conclusiones sobre aspectos que no tratan los demás. Por un lado, (Candow, D. G. et al., 2014) analizaron la microalbúmina urinaria antes y después del entrenamiento, concluyendo que no existían anomalías en los resultados obtenidos, siendo inferior a 18 mg-L. Por su parte, (Alves, C. R. R. et al., 2013) analizaron la sensibilidad de los sujetos mediante la Escala de Depresión Geriátrica, donde se concluyó la reducción de las puntuaciones de ambos grupos (Cr y placebo), aunque este descenso fue mayor en el grupo experimental.

De esta manera, la búsqueda de evidencias en la línea de investigación que he elegido resulta de gran interés para la sociedad, puesto que no es estudiada de manera proporcional a otros ámbitos, como puede ser el deporte de élite, o a otras poblaciones como la joven.

Por tanto, las conclusiones y argumentos que han aportado los once estudios analizados permiten a la comunidad científica posicionarse a favor del uso de esta ayuda ergogénica en personas mayores a 50 años, debido a la gran cantidad de beneficios que esta aporta acompañada de un entrenamiento con cargas.

8. CONCLUSIONES

Tras analizar los resultados obtenidos en esta revisión se extraen las siguientes conclusiones:

1. El consumo de creatina no posee un timing específico, sino que este suplemento actúa por saturación.

2. La suplementación con creatina mejora significativamente factores del rendimiento como puede ser la potencia y la fuerza, además de un aumento considerable del volumen muscular.
3. Las creencias y aspectos negativos sobre el consumo del suplemento son sólo especulaciones en base a situaciones anecdóticas acontecidas en estudios. Aun así, es necesario un mayor volumen de investigación sobre estos posibles efectos negativos, puesto que existe escasez de evidencia.
4. Dentro de las variantes que existen dentro de la ayuda ergogénica, la creatina monohidrato es la que más evidencia aporta en cuanto a garantía y seguridad se refiere.
5. La suplementación con creatina en personas mayores de 50 años sólo genera cambios y adaptaciones positivas, permitiendo mejorar su longevidad y su calidad de vida. Aunque también hay que tener en cuenta que estos cambios varían en función del contexto en el que se sitúe el sujeto.
6. Los efectos positivos que ofrece la suplementación pueden verse incrementados si se siguen unas correctas pautas alimenticias.

BIBLIOGRAFÍA

Alves, C. R. R., Merege Filho, C. A. A., Benatti, F. B., Brucki, S., Pereira, R. M. R., de Sá Pinto, A. L., ... & Gualano, B. (2013). Creatine supplementation associated or not with strength training upon emotional and cognitive measures in older women: a randomized double-blind study. *PLoS One*, 8(10), e76301.

An, L., Zheng, Y., & Zhang, G. (2001). U.S. Patent No. 6,326,513. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Andres, S., Ziegenhagen, R., Trefflich, I., Pevny, S., Schultrich, K., Braun, H., ... & Lampen, A. (2017). Creatine and creatine forms intended for sports nutrition. *Molecular nutrition & food research*, 61(6), 1600772.

Australian Institute of Sport. (2021). AIS SPORTS SUPPLEMENT FRAMEWORK CREATINE MONOHYDRATE. www.sportintegrity.gov.au/what-we-do/anti-doping/supplements-sport

Bernat, P., Candow, D. G., Gryzb, K., Butchart, S., Schoenfeld, B. J., & Bruno, P. (2019). Effects of high-velocity resistance training and creatine supplementation in untrained healthy aging males. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 44(11), 1246-1253.

Brosnan, J. T., & Brosnan, M. E. (2007). Creatine: Endogenous metabolite, dietary, and therapeutic supplement. In *Annual Review of Nutrition* (Vol. 27, pp. 241-261). <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.27.061406.093621>

Buford, T. W., Kreider, R. B., Stout, J. R., Greenwood, M., Campbell, B., Spano, M., ... & Antonio, J. (2007). International Society of Sports Nutrition position stand: creatine supplementation and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 4(1), 1-8.

Candow, D. G., Vogt, E., Johannsmeyer, S., Forbes, S. C., & Farthing, J. P. (2015). Strategic creatine supplementation and resistance training in healthy older adults. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 40(7), 689-694.

Candow, D. G., Forbes, S. C., Kirk, B., & Duque, G. (2021). Current Evidence and Possible Future Applications of Creatine Supplementation for Older Adults.

Candow, D. G., Forbes, S. C., Chilibeck, P. D., Cornish, S. M., Antonio, J., & Kreider, R. B. (n.d.). Variables Influencing the Effectiveness of Creatine Supplementation as a Therapeutic Intervention for Sarcopenia.

Candow, D. G., Chilibeck, P. D., & Forbes, S. C. (2014). Creatine supplementation and aging musculoskeletal health. In *Endocrine* (Vol. 45, Issue 3, pp. 354-361). Humana Press Inc. <https://doi.org/10.1007/s12020-013-0070-4>

Candow, D. G., Chilibeck, P. D., Gordon, J., Vogt, E., Landeryou, T., Kaviani, M., & Paus-Jensen, L. (2021). Effect of 12 months of creatine supplementation and whole-body resistance training on measures of bone, muscle and strength in older males. *Nutrition and Health*, 27(2), 151-159.

Candow, D. G., Chilibeck, P. D., Gordon, J. J., & Kontulainen, S. (2021). Efficacy of Creatine Supplementation and Resistance Training on Area and Density of Bone and Muscle in Older Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 53(11), 2388-2395.

Candow, D. G., Chilibeck, P. D., Chad, K. E., Chrusch, M. J., Davison, K. S., & Burke, D. G. (2004). Effect of ceasing creatine supplementation while maintaining resistance training in older men. *Journal of Aging and Physical Activity*, 12(3), 219-231.

Candow, D. G., Zello, G. A., Ling, B., Farthing, J. P., Chilibeck, P. D., McLeod, K., ... & Johnson, S. (2014). Comparison of creatine supplementation before versus after supervised resistance training in healthy older adults. *Research in Sports Medicine*, 22(1), 61-74.

Chami, J., & Candow, D. G. (2019). Effect of creatine supplementation dosing strategies on aging muscle performance. *The journal of nutrition, health & aging*, 23(3), 281-285.

Chen, J., Huang, J., Deng, J., Ma, H., & Zou, S. (2012). Use of comparative proteomics to identify the effects of creatine pyruvate on lipid and protein metabolism in broiler chickens. *The Veterinary Journal*, 193(2), 514-521.

Chilibeck, P. D., Candow, D. G., Landeryou, T., Kaviani, M., & Paus-Jensen, L. (2015). Effects of creatine and resistance training on bone health in postmenopausal women. *Med Sci Sports Exerc*, 47(8), 1587-1595.

Chilibeck, P. D., Kaviani, M., Candow, D. G., & Zello, G. A. (2017). Effect of creatine supplementation during resistance training on lean tissue mass and muscular strength in older adults: a meta-analysis. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 8, 213-226. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S123529>

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.

Cruz-Jentoft, A. J., Bahat, G., Bauer, J., Boirie, Y., Bruyère, O., Cederholm, T., Cooper, C., Landi, F., Rolland, Y., Sayer, A. A., Schneider, S. M., Sieber, C. C., Topinkova, E., Vandewoude, M., Visser, M., Zamboni, M., Bautmans, I., Baeyens, J. P., Cesari, M., ... Schols, J. (2019). Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis. In *Age and Ageing* (Vol. 48, Issue 1, pp. 16–31). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/ageing/afy169>

Devries, M. C., & Phillips, S. M. (2014). Creatine supplementation during resistance training in older adults - A meta-analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(6), 1194–1203. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000220>

FEMEDE. (n.d.). Ayudas ergogénicas nutricionales y ejercicio físico.

Forbes, S. C., Candow, D. G., Krentz, J. R., Roberts, M. D., & Young, K. C. (2019). Changes in Fat Mass Following Creatine Supplementation and Resistance Training in Adults ≥ 50 Years of Age: A Meta-Analysis. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*. <https://doi.org/10.3390/jfmk4030062>

Forbes, S. C., Candow, D. G., Ostojic, S. M., Roberts, M. D., Chilibeck, P. D., & Barbieri, E. (2021). Meta-Analysis Examining the Importance of Creatine Ingestion Strategies on Lean Tissue Mass and Strength in Older Adults. <https://doi.org/10.3390/nu13061912>

Forsberg, A. M., Nilsson, E., Werneman, J., Bergström, J., & Hultman, E. (1991). Muscle composition in relation to age and sex. *Clinical Science*, 81(2), 249-256.

Ganguly, S., Jayappa, S., & Dash, A. K. (2003). Evaluation of the stability of creatine in solution prepared from effervescent creatine formulations. *AAPS PharmSciTech*, 4(2), 119-128.

Giese, M. W., & Lecher, C. S. (2009). Non-enzymatic cyclization of creatine ethyl ester to creatinine. *Biochemical and biophysical research communications*, 388(2), 252- 255.

Gil-Antuñano, N. P., & Marqueta, P. M. (2012). Ayudas ergogénicas nutricionales para las personas que realizan ejercicio físico: Documento de Consenso de la Federación Española de Medicina del Deporte (FEMEDE). *Archivos de Medicina Del Deporte: Revista de La Federación Española de Medicina Del Deporte y de La Confederación Iberoamericana de Medicina Del Deporte*, 19(1), 1-76.

Gill, N. D., Hall, R. D., & Blazevich, A. J. (2004). Creatine serum is not as effective as creatine powder for improving cycle sprint performance in competitive male team-sport athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(2), 272-275.

Gotshalk, L. A., Kraemer, W. J., Mendonca, M. A., Vingren, J. L., Kenny, A. M., Spiering, B. A., ... & Volek, J. S. (2008). Creatine supplementation improves muscular performance in older women. *European journal of applied physiology*, 102(2), 223-231.

Gufford, B. T., Sriraghavan, K., Miller, N. J., Miller, D. W., Gu, X., Vennerstrom, J. L., & Robinson, D. H. (2010). Physicochemical characterization of creatine N- methyl-guanidinium salts. *Journal of dietary supplements*, 7(3), 240-252

Greenhaff, P. L., Casey, A., Short, A. H., Harris, R., Soderlund, K., & Hultman, E. (1993). Influence of oral creatine supplementation of muscle torque during repeated bouts of maximal voluntary exercise in man. *Clinical Science*, 84(5), 565-571.

Gualano, B., Macedo, A. R., Alves, C. R. R., Roschel, H., Benatti, F. B., Takayama, L., ... & Pereira, R. M. R. (2014). Creatine supplementation and resistance training in vulnerable older women: a randomized double-blind placebo-controlled clinical trial. *Experimental gerontology*, 53, 7-15.

Gualano, B., Rawson, E. S., Candow, D. G., & Chilibeck, P. D. (2016). Creatine supplementation in the aging population: effects on skeletal muscle, bone and brain. *Amino acids*, 48(8), 1793-1805.

Hultman, E., Soderlund, K., Timmons, J. A., Cederblad, G., & Greenhaff, P. L. (1996). Muscle creatine loading in men. *Journal of applied physiology*, 81(1), 232-237.

Johannsmeyer, S., Candow, D. G., Brahms, C. M., Michel, D., & Zello, G. A. (2016). Effect of creatine supplementation and drop-set resistance training in untrained aging adults. *Experimental Gerontology*, 83, 112-119

Kessel, K., and Kluge, M., 1998, Synthesis of guanidines from O-alkylisoureas using a crystal seed. German patent no. 19860048.

Kim, H. J., Kim, C. K., Carpentier, A., & Poortmans, J. R. (2011). Studies on the safety of creatine supplementation. *Amino acids*, 40(5), 1409-1418.

Kreider, R. B., Kalman, D. S., Antonio, J., Ziegenfuss, T. N., Wildman, R., Collins, R., Candow, D. G., Kleiner, S. M., Almada, A. L., & Lopez, H. L. (2017). International Society of Sports Nutrition position stand: safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14-18. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0173-z>

Martín de la Peña, R. (2019). Suplementación con creatina. Un análisis nutricional y comercial. Trabajo Fin de Grado, Universidad de Valladolid. Repositorio documental de la universidad de Valladolid. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/36965>

Metzl, J. D., Small, E., Levine, S. R., & Gershel, J. C. (2001). Creatine use among young athletes. *Pediatrics*, 108(2 II), 421-425. <https://doi.org/10.1542/peds.108.2.421>

Ostojic, S. M. (2004). Creatine and Young Soccer Players / 95 Creatine Supplementation in Young Soccer Players.

Möller, P., Bergström, J., Fürst, P., & Hellström, K. (1980). Effect of aging on energy-rich phosphagens in human skeletal muscles. *Clinical science (London, England: 1979)*, 58(6), 553-555.

Pereira, R. T. D. S., Dörr, F. A., Pinto, E., Solis, M. Y., Artioli, G. G., Fernandes, A. L., ... & Gualano, B. (2015). Can creatine supplementation form carcinogenic heterocyclic amines in humans?. *The Journal of physiology*, 593(17), 3959-3971.

Pinto, C. L., Botelho, P. B., Carneiro, J. A., & Mota, J. F. (2016). Impact of creatine supplementation in combination with resistance training on lean mass in the elderly. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*, 7(4), 413-421.

Rawson, E. S., & Venezia, A. C. (2011). Use of creatine in the elderly and evidence for effects on cognitive function in young and old. *Amino acids*, 40(5), 1349-1362.

Selsby, J. T., DiSilvestro, R. A., & Devor, S. T. (2004). Mg²⁺-creatine chelate and a low-dose creatine supplementation regimen improve exercise performance. *Journal of strength and conditioning research*, 18(2), 311-315.

Stares, A., & Bains, M. (2020). The Additive Effects of Creatine Supplementation and Exercise Training in an Aging Population: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. In *Journal of Geriatric Physical Therapy* (Vol. 43, Issue 2, pp. 99–112). Lippincott Williams and Wilkins. <https://doi.org/10.1519/JPT.0000000000000222>

Steenge, G. R., Simpson, E. J., & Greenhaff, P. L. (2000). Protein- and carbohydrate-induced augmentation of whole body creatine retention in humans. *Journal of applied physiology*, 89(3), 1165-1171.

Stout, J. R., Graves, B. S., Cramer, J. T., Goldstein, E. R., Costa, P. B., Smith, A. E., & Walter, A. A. (2007). Effects of creatine supplementation on the onset of neuromuscular fatigue threshold and muscle strength in elderly men and women (64-86 years). *Journal of Nutrition Health and Aging*, 11(6), 459.

Thorsteinsdottir, B., Grande, J. P., & Garovic, V. D. (2006). Acute renal failure in a young weight lifter taking multiple food supplements, including creatine monohydrate. *Journal of renal nutrition*, 16(4), 341-345.

Weiss, & Krommer. (1995). United States Patent (19) Weiss et al. 54 PROCESS FOR THE PREPARATION OF A...

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 & research*, 68(6), 729-737.

Williams, M. H., Kreider, R. B., & Branch, J. D. (1999). Creatine: The power supplement. *Human kinetics*.