

Efecto de la suplementación con creatina en la capacidad anaeróbica: un meta-análisis

Andrea Quirós-Quirós, Judith Jiménez-Díaz, Juan D. Zamora-Salas

Escuela de Educación Física y Deportes. Universidad de Costa Rica.

Recibido: 11/05/18
Aceptado: 30/08/18

Resumen

El objetivo del presente meta-análisis fue integrar y resumir los resultados de distintos estudios, así como examinar las variables moderadoras en el efecto de la suplementación con creatina (Cr) sobre la capacidad anaeróbica. Para ello se localizaron 81 artículos completos de diversas bases de datos electrónicas, donde solo 17 cumplieron con los criterios de inclusión. Para calcular el Tamaño de Efecto (TE) se utilizó el modelo de efectos aleatorios. Se codificaron un total de 131 TE , que representan 1447 sujetos ($n_{G_{ex}} = 889$; $n_{G_{pi}} = 559$). El TE global del grupo experimental (G_{ex}) fue moderado ($TE=0,34$, $p<0,001$; IC: 0,24-0,44), en tanto que el TE del grupo placebo (G_{pi}) fue pequeño ($TE=0,13$, $p>0,05$; IC: 0,02-0,24); siendo significativamente diferentes entre sí ($F_{(1,129)}=9,56$, $p<0,05$, $\alpha=0,05$). El análisis de heterogeneidad indicó que los TE de los artículos incluidos en el grupo experimental son homogéneos ($Q=96,95$; $p=0,083$; $\alpha=0,10$), con una baja variabilidad ($I^2=18,51\%$). Se utilizó la correlación de Pearson para determinar el efecto de las variables moderadoras continuas y el análisis de variabilidad, para variables categóricas. Se evaluaron nueve variables moderadoras, de las cuales únicamente la forma en la que se dio la suplementación fue significativa (carga $TE=0,37$; carga + mantenimiento $TE=0,22$; $F_{(1,77)}=6,22$; $p=0,015$), sugiriendo que el efecto es positivo durante la fase de carga, no así cuando existe carga + mantenimiento. No hubo diferencias significativas en las variables moderadoras de sexo, nivel de entrenamiento, tipo de deporte, la dosis brindada, ni en la forma de medición del rendimiento físico. En conclusión, existe un efecto moderado de la suplementación con Cr en la capacidad anaeróbica.

Palabras clave:

Creatina. Capacidad anaeróbica.
Meta-análisis. Suplementación.

Effect of creatine supplementation in anaerobic capacity: a meta-analysis

Summary

The purpose of the present meta-analysis was to integrate and summarize the results of different studies as well as to examine the moderating variables in the effect of creatine (Cr) supplementation on anaerobic capacity. Eighty-one studies on creatine supplementation were retrieved by searching several databases, and 17 that met the criteria were included. Random effects models using the standardized mean difference effect size (ES) were used to pool results. A total of 131 ES were coded, representing 1447 participants ($n_{G_{ex}}=889$; $n_{G_{pi}}=559$). A statistically significant moderate overall ES was found for the experimental group (G_{ex}) ($ES=0.34$, $p<0.001$; CI: 0.24-0.44). Also, a statistically significant small overall ES was found for the placebo group (G_{pi}) ($ES=0.13$, $p>0.05$; CI: 0.02-0.24). A statistically significant difference was found between both groups ($F_{(1,129)}=9.56$, $p<0.05$, $\alpha=0.05$). The heterogeneity analysis reported low heterogeneity ($Q=96.95$; $p=0.083$; $\alpha=0.10$), and low inconsistency ($I^2=18.51\%$) in the experimental group. Nine moderator variables were analyzed, Pearson correlation analysis were used when variables were continuous and variability analysis (ANOVA) when variables were categorized. Only the variable which described how supplementation was offered was significant (load $ES=0.37$; load + maintenance $ES=0.22$; $F_{(1,77)}=6.22$; $p=0.015$), suggesting a positive effect on load phase, but not on load plus maintenance. Not found significant differences in sex, skill level of the athlete, type of sport, doses, type of performance assessment. In conclusion, supplementation with creatine had a moderate effect on anaerobic capacity.

Key words:

Creatine. Anaerobic capacity.
Meta-analysis. Supplementation.

Correspondencia: Andrea Quirós Quirós
E-mail: andrea.quirosquiros@ucr.ac.cr

Introducción

La creatina (Cr) es un componente natural que se sintetiza endógenamente mediante glicina, arginina y metionina, en riñón, hígado y páncreas. En el riñón con la acción de la enzima transaminasa, la arginina y glicina originan ornitina y guanidinoacetato, este último es transportado al hígado, donde recibe un grupo metil de la metionina llevando a la formación de ácido-metilguanidocético (creatina) y adenosin-homocisteína. La Cr es liberada al torrente sanguíneo y se almacena en el músculo esquelético tanto en forma libre como fosforilada, teniendo un papel fundamental en el mantenimiento del adenosin-trifosfato (ATP) ¹.

Cuando el ATP es necesitado como fuente de energía celular, como por ejemplo en la contracción muscular intensa y de corta duración, la Cr reacciona con la fosfocreatina-kinasa y el ATP para originar fosfocreatina (PCr) y adenosin difosfato (ADP). Mediante una reacción inversa, el ADP y la PCr, reaccionan con la enzima creatin-kinasa para formar nuevamente ATP; por lo que la Cr actúa indirectamente para suplir las necesidades energéticas del sistema muscular ¹⁻⁴.

La fatiga que se presenta durante el ejercicio de corta duración y máxima intensidad, se ha asociado con la depleción de PCr. En este sentido, diversas investigaciones, han sugerido que la suplementación con Cr mejora el rendimiento físico, retardando la aparición de la fatiga al favorecer la tasa de resíntesis de PCr durante la recuperación de ejercicios de máxima intensidad, así como mejoras en la fuerza máxima y la velocidad en sprints, entre otros ⁵⁻⁹.

Por otro lado, algunos meta-análisis realizados en este tema, analizaron el efecto de la suplementación con Cr en diversas variables, entre ellos ¹⁰, investigaron si la Cr favorece el incremento en la fuerza muscular y la potencia en adultos sanos, encontrando efectos positivos en el levantamiento de peso al suplementar con Cr más el entrenamiento de fuerza en esta población. No obstante, mencionan que existe poca evidencia para establecer conclusiones en mujeres o adultos mayores.

Así mismo, Nissen y Sharp ¹¹, en su meta-análisis sobre el efecto de la suplementación con diversos suplementos dietéticos (entre ellos la Cr) en la masa muscular y la ganancia de fuerza con entrenamiento de resistencia, encontraron en los 18 artículos sobre Cr meta-analizados, aumentos significativos en ambas variables, con un tamaño de efecto (TE) de 0,26 (IC: 0,65-1,02%) y 0,36 (IC: 0,28-0,43%) ($p < 0,001$) respectivamente.

Similar al meta-análisis anterior, Branch ¹², analizó el TE en la composición corporal, duración e intensidad de la tarea, tipo de ejercicio (simple, repetida, de laboratorio, de campo, en extremidades superiores o inferiores) la duración de la suplementación y el género de los sujetos. Encontraron un TE grande significativo en la masa magra con suplementación de corto tiempo, especialmente en ejercicios con varias repeticiones menores a 30 segundos y para las extremidades superiores. Sin embargo, no se encontró efecto en corredores ni nadadores, tampoco identificaron diferencias entre hombres ni mujeres ni entre sujetos entrenados o no entrenados.

Otro meta-análisis que estudió el efecto de la suplementación con Cr en el rendimiento físico, la composición corporal y variables bioquímicas fue el de Gutiérrez *et al.* ¹³, en el cual se determinó un efecto grande y significativo en variables como el pico máximo, fuerza pico y al realizar una repetición a esfuerzo máximo (1RM) tanto en la condición

de suplementación como en el placebo, atribuyéndole un mayor efecto a la condición experimental (Cr).

No obstante, en estos estudios, no se contempló el efecto del tipo de Cr utilizada en las investigaciones, tampoco se identificó el efecto según el género de los sujetos, el tipo de actividad física o deporte realizado, la cantidad de días de suplementación ni la dosis total suministrada. Aunado a ello, aún no se resume la información de la suplementación con Cr en la capacidad anaeróbica como variable específica del rendimiento físico. Por tales motivos, en el presente meta-análisis, a diferencia de los existentes, se pretende identificar y resumir mediante el cálculo del tamaño del efecto individual y global, el efecto de la suplementación con Cr en la capacidad anaeróbica, contemplando como variables moderadoras dichos aspectos, considerando lo reportado en los diferentes estudios utilizados y siguiendo la metodología expuesta por Borenstein *et al.* ¹⁴.

Metodología

El presente meta-análisis se realizó siguiendo los lineamientos generales para el reporte de revisiones sistemáticas y meta-análisis PRISMA (por sus siglas en inglés) ¹⁵.

Criterios de selección de estudios

Los criterios de inclusión utilizados para la elaboración de este meta-análisis correspondieron a: 1) estudios realizados en sujetos sanos con o sin entrenamiento previo, 2) estudios que presentaran la estadística descriptiva, 3) estudios que presentaran resultados del efecto de la suplementación con Cr en la capacidad anaeróbica, 4) estudios que reportaran la dosis de Cr utilizada, 5) estudios que no fueron realizados en poblaciones con dietas especiales (p.e. vegetarianos), 6) sin condiciones de temperatura modificada o deshidratación, 7) en idioma inglés, español, francés o portugués en texto completo.

Los criterios de calidad utilizados, fueron basados en la validez interna del estudio, entre ellos: 1) aleatorización de los sujetos, 2) estudios intra-sujetos (pre-post test), 3) presencia de grupo experimental (Gex) y grupo placebo o control (GPI), 4) estudios de doble ciego.

Fuentes de datos

La búsqueda de literatura se realizó mediante el uso de bases de datos electrónicas, desde el 10 de agosto al 01 de diciembre del 2015. Se revisaron las referencias incluidas en los meta-análisis anteriores, revisiones sistemáticas y algunos artículos relevantes. En aquellos casos en los que no se encontró la estadística descriptiva de artículos de interés o su versión en texto completo, se le solicitó al autor respectivo, donde únicamente se lograron obtener dos artículos de esta forma. En total se contó con 84 artículos completos, de los cuales únicamente se meta-analizaron 17 estudios.

Se utilizaron siete bases de datos electrónicas: Sport Discus, PubMed, Science Direct, Springer Link, Medline, Proquest y Academic Search Complete.

Las palabras clave utilizadas fueron: "effect of", "creatine", "supplementation", "performance", y sus combinaciones en inglés y español.

Selección de estudios y codificación de la información

La selección y codificación de la información extraída de los estudios de interés, lo realizó una persona. En tanto que una segunda persona revisó el proceso anterior, y en consenso con una tercera persona, se resolvieron las inconsistencias encontradas. Para ello, se utilizó una base de datos desarrollada previamente en el programa Microsoft Excel 2013[®]. Para efectos del análisis de las variables moderadoras se tomó en cuenta: las características de los sujetos, medición del rendimiento físico, características de suplementación con Cr y características del placebo. En la Tabla 1 se detallan los aspectos considerados en la codificación de estas variables.

Calidad metodológica de estudios

Se utilizó una modificación de la escala desarrollada por Jiménez et al.¹⁶, la cual consta de cinco ítems para evaluar criterios de la validez interna de los estudios experimentales, a saber: 1) se describe el proceso de aleatorización y es adecuado, 2) el estudio contó con grupo placebo o control, 3) hubo mediciones pre test y post test y 4) se reporta la existencia y manejo de la mortalidad experimental.

Donde los estudios con una puntuación de cuatro se consideraron de calidad "excelente", con puntuaciones de tres como de "buena" calidad, mientras que aquellos con una puntuación de dos fueron de calidad "regular" y con puntuaciones de uno se consideraron de "mala" calidad.

Procedimiento para el cálculo de los tamaños de efecto individuales

Para obtener el TE de la suplementación con Cr en la capacidad anaeróbica, se calculó como el cambio entre el pre test y el post test en dicha variable. Para el cálculo del TE de cada estudio y el TE global se siguió el procedimiento sugerido por Borenstein et al.¹⁴, para el modelo de efectos aleatorios. Los análisis se realizaron utilizando el programa de Microsoft Excel[®], estableciendo en 95% los intervalos de confianza.

Heterogeneidad y sesgo

La heterogeneidad de los estudios incluidos se evaluó por medio de la prueba de Q de Cochran's, mientras que la inconsistencia se evaluó

Tabla 1. Variables moderadoras.

Área de interés	Esquema de codificación
Características de los sujetos	Tamaño de la muestra, edad, género, condición (experimental, placebo o control), nivel de actividad física (entrenado, no entrenado), tipo de actividad física/deporte que realiza.
Medición del rendimiento físico	Forma de medición.
Características del suplemento de Cr	Tipo, duración (días), dosis total (g), fase de suplementación (carga, mantenimiento, ambas).
Características del placebo	Tipo, duración (días totales), dosis total (g), fase de suplementación (carga, mantenimiento, ambas).

utilizando la prueba estadística I². La significancia para la prueba de Q se estableció en $p \leq 0,10$ por falta de su potencia estadística. Se tiene que los valores de I² menores a 25% representan muy baja inconsistencia, entre 25 y menos de 50% representan baja inconsistencia, entre 50 y menos de 75% es moderada y valores mayor a 75% se considera como alta inconstancia. Mediante el programa RStudio, se realizó el gráfico de embudo y la prueba de Egger, las cuales se aplicaron para evaluar el sesgo en general, ya que indican la posibilidad de no incluir todos los estudios relevantes en el meta-análisis. El sesgo de publicación se evaluó por medio del efecto de trabajos archivados¹⁷.

Análisis de datos

De la información obtenida, en los casos en los que la escala de medición de estas variables fue continua, se realizó una correlación de Pearson (r), en tanto que en los casos en que fueron categóricas, se realizó un análisis de varianza de una vía para grupos independientes (ANOVA), con un nivel de significancia de 0,05. Los TE globales se calcularon mediante el programa Microsoft Excel 2013[®], en tanto que los análisis estadísticos (correlaciones y ANOVA) se realizaron con el programa IBM-SPSS 20,0[®]. En el caso de las variables moderadoras, se analizaron únicamente aquellas que presentaran una n de TE mayor a tres.

Resultados

Estudios incluidos

De los 81 artículos revisados, solo 17 cumplieron con los criterios de inclusión. De los cuales uno de ellos no presentaba GP_r, sin embargo, daba la información necesaria en diversos tipos de Cr por lo que se utilizó en este estudio¹⁸. En la Figura 1 se muestra el diagrama para la selección de estudios incluidos, y la Tabla 2 las características de los mismos.

Por otra parte, un estudio presentaba dos condiciones experimentales y una condición control, en este caso, al ser el único con esta característica, no se consideró dicha condición en el análisis¹⁹. En la Figura 1 se muestra el diagrama de flujo para la selección de estudios, por otro lado, en la Tabla 3 se describen las características principales de los estudios incluidos en este meta-análisis.

Así mismo, de los 17 artículos, se obtuvo un total de 131 TE (80 TE de la condición experimental y 51 TE de la condición placebo), para un total de 1.447 sujetos, cuya distribución y características se presentan en la Tabla 2.

En lo relacionado a la calidad de los estudios incluidos, según la escala utilizada para evaluar la validez interna de estos, fueron de buena calidad, tal como se observa en la Figura 2, donde se muestra la distribución de los artículos según nivel de calidad.

Tamaños de efecto individuales

Como se puede observar en la Figura 3, mediante el *Forest plots*, la distribución de los TE individuales en su mayoría son mayores a cero, así como el TE global de la suplementación con Cr en la capacidad anaeróbica (intervalos de confianza al 95%).

Figura 1. Diagrama de flujo para la selección de artículos, basado en Prisma 2009²⁰.

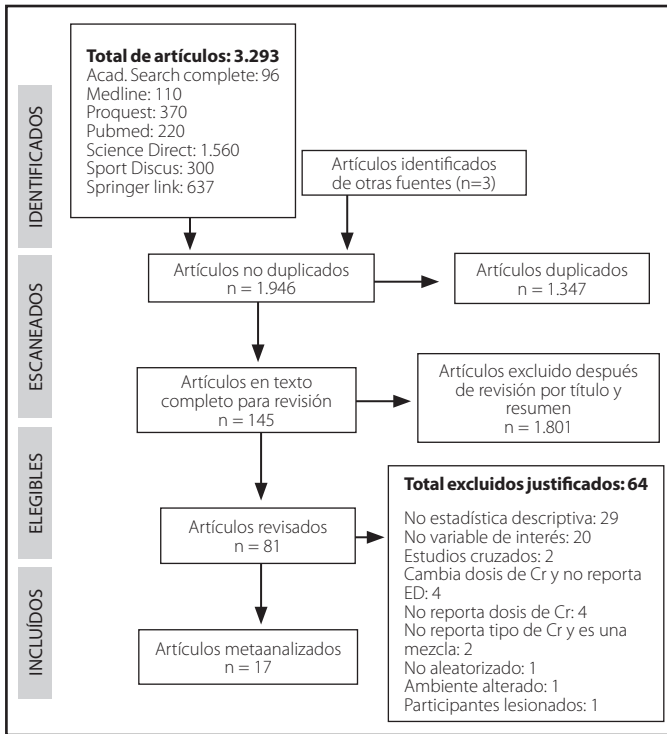


Figura 2. Distribución de la calidad de los estudios analizados.

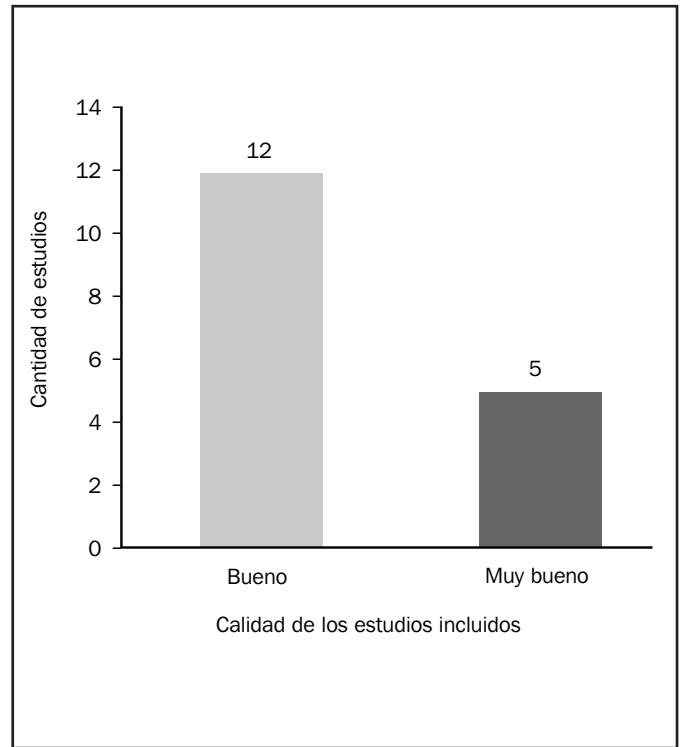


Tabla 2. Características de los estudios meta-analizados.

Autor	Año	N	Género	Edad	Nivel Entrenam.	AF / Deporte	Días totales	g totales	Momento Suplem.	Tipo Cr
Hamilton ²¹	2000	24	F	22,5	E	Lanzam,	7	175	Carga	CrM+sacarosa
Nelson, <i>et al.</i> ²²	2000	36	A	NR	NE	Recreativo	7	175	Carga	CrM+2,12g sacarosa
Syrotuik, <i>et al.</i> ²³	2001	22	A	23,0	E	Remo	5	100	Carga	CrM
Wiroth, <i>et al.</i> ²⁴	2001	42	M	65,1	E	NR	5	225	Carga	CrM
Chalbińska ²⁵	2001	16	M	22,5-25,3	E	Remo	5	100	Carga	CrM
Van Loon, <i>et al.</i> ²⁶	2003	20	M	21,3-20-6	NE	NR	42	174	C-M	CrM+15gGLu+10gMal
Eckerson, <i>et al.</i> ^{1 27}	2004	10	F	22,0	E	NR	2	40	Carga	Cr+18gdextrosa
Ahmun ²⁸	2005	14	M	20,6	E	Rugby	5	100	Carga	CrM
Eckerson, <i>et al.</i> ^{2 29}	2005	61	F	21,0	E	NR	2	40	Carga	CrCit+dextrosa
							2	40	Carga	CrCit+PNA+dextrosa
							6	120	Carga	CrCit+dextrosa
							6	120	Carga	CrCit+PNA+dextrosa
Hoffman, <i>et al.</i> ^{1 30}	2005	20	M	21,7	E	NR	6	18	Carga	Cr+P+fructosa+gel
Hoffman, <i>et al.</i> ^{2 31}	2006	22	M	NR	NE	Fuerza/pot	70	735	C-M	CrM
Reardon, <i>et al.</i> ^{3 2}	2006	13	M	NR	E	NR	7	140		CrM+maltodextrina
O'Connor, <i>et al.</i> ^{1 9}	2007	22	M	24,5	E	Rugby	42	126		3gCr+3gHMB+6gCHO
Azizj ^{3 3}	2011	20	F	20,9	E	Natación	6	120	Carga	CrM
Jagim, <i>et al.</i> ^{1 8}	2012	35	M	25,5	E	Contra-resistencia	7	140		CrM
							7	140		KA-H (eqCrM)
							7	10,5		KA-L (eqCrM)+5gdext
Sterkowicz, <i>et al.</i> ^{3 4}	2012	10	M	20,4	E	Judo	42	210		CrMaleato
Deminice, <i>et al.</i> ^{3 5}	2013	25	M	17,1	E	Fútbol	7	151		NR

A: Ambos; F: Femenino; M: Masculino; E: Entrenados; NE: No entrenados; CrM: Monohidrato de Creatina; HMB: Hidroximetilbutirato; CrCitPNa: Citrato de Creatina+Fosfato de Sodio, PKA-H equivalente de CrM; KA-L: equivalente de CrM+dextros.

Figura 3a. Forest Plot de la distribución de los TE individuales de la suplementación con Cr y su efecto en la capacidad anaeróbica (n=80).

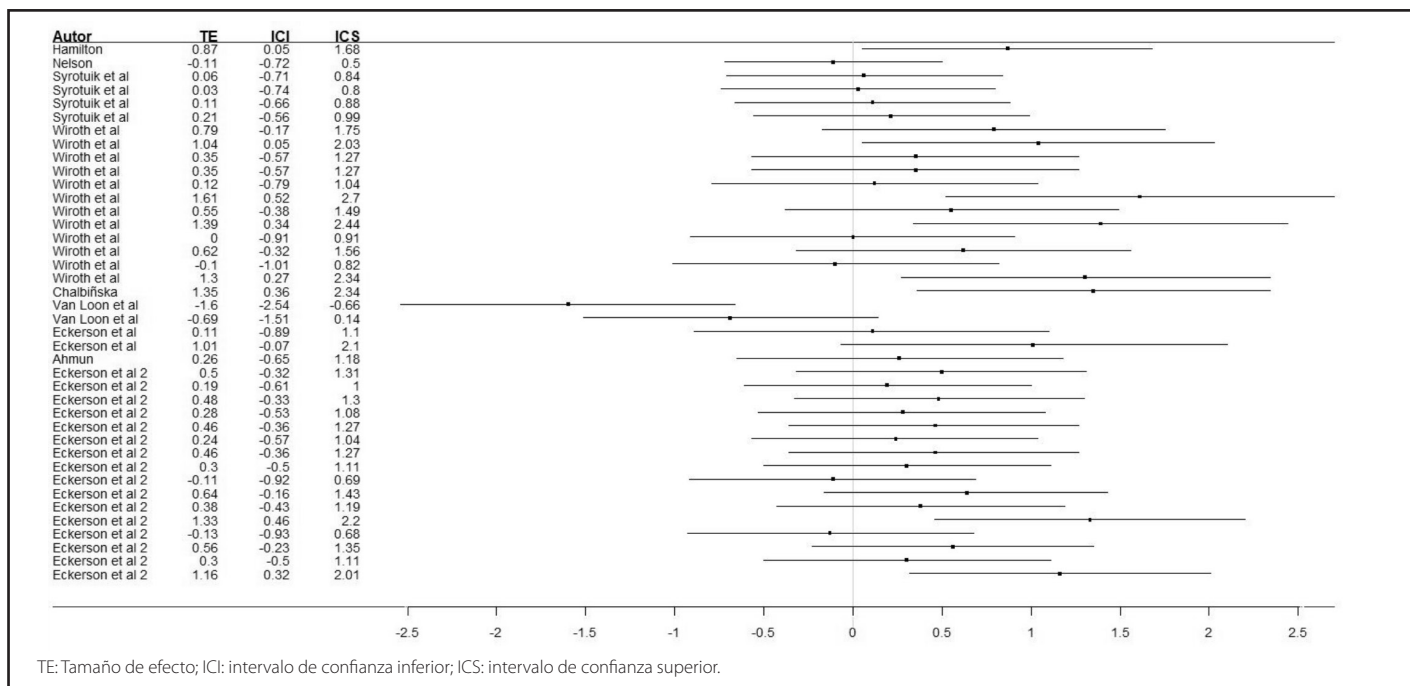
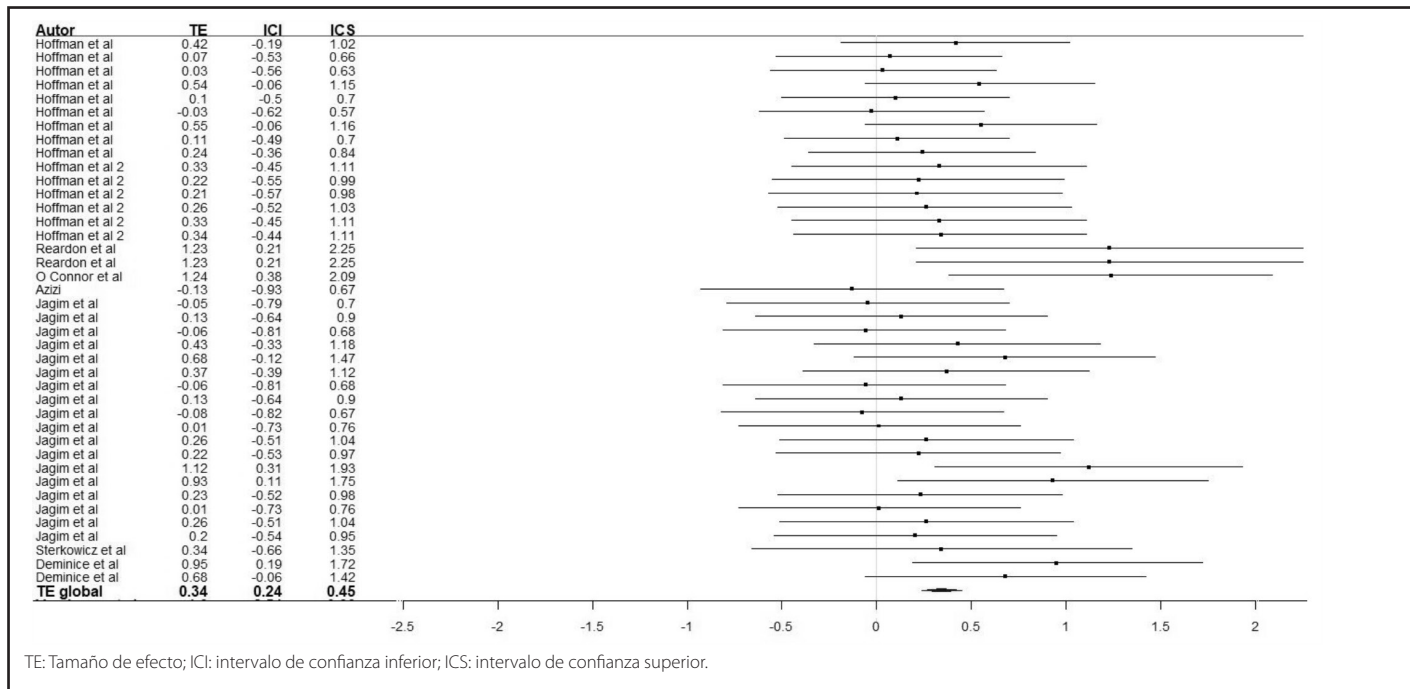


Figura 3b. Forest Plot de la distribución de los TE individuales de la suplementación con Cr y su efecto en la capacidad anaeróbica (n=80).



Tamaño de efecto global

El TE global G_{Ex} fue moderado (TE= 0,34, $p < 0,001$; IC: 0,24-0,44), en tanto que el TE del grupo placebo G_{pi} fue pequeño (TE= 0,13, $p > 0,05$; IC: 0,02-0,24); siendo significativamente diferentes entre sí ($F_{(1,129)} = 9,56$, $p < 0,05$, $\alpha = 0,05$), tal como se observa en la Tabla 4.

Análisis de heterogeneidad y sesgo

Como se muestra en la Tabla 4, la Q de Cochran's fue significativa en el G_{Ex} ($p = 0,083$; $\alpha = 0,10$) y no en el G_{pi} ($p = 0,50$), demostrando que los TE de los artículos incluidos en el primer grupo son homogéneos, presentando una baja variabilidad ($I^2 = 18,51\%$).

Tabla 3. Características de los sujetos incluidos en los tamaños de efecto individual según condición (experimental o placebo).

	Característica Experimental	Condición Placebo
n	889	558
Edad (años)	26,48	30,35
Masa (kg)	77,72	77,42
Género		
Hombres (nTE)	53	40
Mujeres (nTE)	20	4
Mixto (nTE)	7	7

Tabla 4. Significancia de los tamaños de efecto global calculados según grupo (experimental y placebo).

	Experimental	Placebo
N estudios	17	16
N TE	80	51
N (sujetos)	442	
TEg	0,34*	0,13
p	<0,001 ^a	>0,05
IC	0,24 – 0,44	0,02 – 0,24
Q	96,95	49,22
p	0,083 ^b	0,50
I ²	18,51	0
K ₀	52	--

^a $\alpha=0,05$; ^b $\alpha=0,10$; DE: Desviación estándar; IC: Intervalo de confianza.

Por otra parte, según el análisis de tendencias de publicación, se requieren 52 tamaños de efecto no significativos para disminuir el TE global obtenido en el G_{ex} a uno pequeño (Tabla 4).

En el *Funnel Plot* (Figura 4) se puede observar cierta dispersión asimétrica de los TE individuales, lo cual se confirmó con el análisis de regresión de Egger al ser significativo ($p=0,027$ con $\alpha \leq 0,05$), lo que indica la presencia de sesgo.

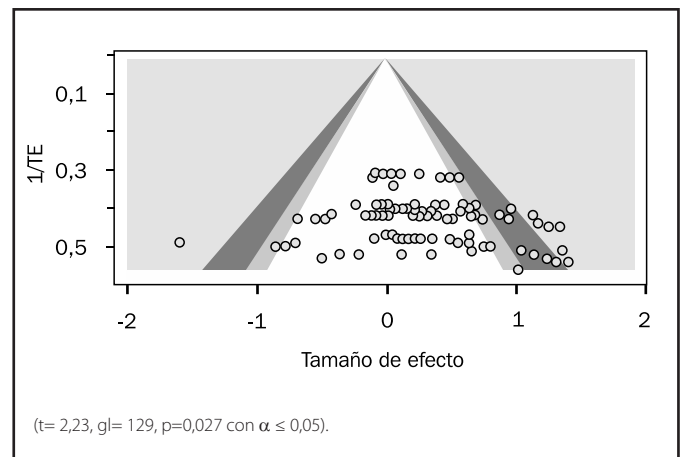
VARIABLES MODERADORAS

Se realizó el análisis de las variables moderadoras, con el propósito de analizar independientemente aquellas características que podrían explicar mejor el TE global.

Para determinar el efecto de las variables moderadoras se realizaron análisis de correlación (Pearson) o análisis de variabilidad (ANOVA), para variables continuas y categóricas respectivamente mediante el software estadístico SPSS® versión 20.0.

De las variables moderadoras analizadas, únicamente la forma de suplementación fue significativa ($p=0,01$) (Tabla 5).

En la variable género, pese a no haber diferencias significativas entre estos ($F_{(2-77)}=0,22$; $p=0,81$), el TE fue moderado y significativo en los estudios en los que se analizó de forma individual a hombres y

Figura 4. Funnel Plot de los TE de la suplementación de Cr en la capacidad anaeróbica

mujeres ($p<0,01$ en ambos casos), no así aquellos que presentaron una mezcla de géneros ($p=0,25$), mostrando además una tendencia mayor en el grupo de mujeres.

Así mismo, el nivel de entrenamiento fue no significativo ($F_{(1-78)}=0,13$; $p=0,71$). No obstante, el grupo de sujetos entrenados mostró un tamaño de efecto moderado significativo ($TE=0,34$; $p<0,01$), no así en los sujetos no entrenados cuyo TE no fue significativo ($TE=0,30$; $p=0,45$).

Además se realizó un análisis según el tipo de deporte o actividad realizada, donde no se obtuvo diferencias significativas ($F_{(4-75)}=0,27$; $p=0,89$), sin embargo, similar a los casos anteriores, los sujetos que realizaban deportes con balón (fútbol, rugby, fútbol americano) y de fuerza-potencia y ejercicio de forma recreativa, obtuvieron un TE moderado significativo ($p<0,05$).

En lo referente a la forma de medir el rendimiento físico, no hubo diferencias significativas entre los métodos analizados ($F_{(1-78)}=0,10$; $p=0,75$), en ambos casos el TE fue moderado (ergómetros: $TE=0,32$, otros: $TE=0,60$; $p<0,05$).

El TE entre los tipos de Cr analizados, fue no significativo ($F_{(7-72)}=1,73$; $p=0,12$). En este aspecto, se puede observar en la Tabla 5, como de los nueve tipos de Cr clasificados, sólo dos de estos (equivalente 1,5 g Cr monohidrato (CrM) y otros tipos) no presentaron un TE significativo, en tanto que siete de estos (otros: CrM, Cr fosfato + fructosa + gel, 5g Cr Citrato (Cr Cit) + 18 g dextrosa, 5 g Cr Cit + 4 g fosfatos de Na^+ y K^+ + 18 g dextrosa, equivalente 1,5 g CrM, 5g CrM + 10 g sacarosa, 10,5 g CrM + 3,2 g β -alanina) sí presentaron un TE moderado ($p<0,05$).

En relación a la forma de suplementación, únicamente se analizaron aquellas variables con un $nTE>3$. Se encontraron diferencias significativas entre las fases de carga y carga + mantenimiento ($F_{(1-77)}=6,22$; $p=0,015$), siendo el TE mayor cuando solo hubo fase de carga ($TE=0,34$; $p<0,01$) que en aquellos en los que hubo fase de carga + mantenimiento ($TE=0,22$; $p=0,13$) (Figura 5).

No se encontró relación entre el TE y la edad ($r=0,18$; $p=0,14$), el total de días de suplementación ($r=-0,22$; $p=0,54$), y la dosis total de Cr (g) ($r=-0,02$; $p=0,84$).

Tabla 5. Significancia de los tamaños de efecto de la suplementación con Cr en la capacidad anaeróbica, según variables moderadoras.

	nTE	TE	IC	z	F	r	p
Características de los sujetos							
Edad	71	0,33	0,23 – 0,43	6,58		0,18	0,14
Sexo	80	0,34	0,24 – 0,44	6,79	0,22		0,81
Masculino	53	0,32*	0,19 – 0,44	5,07			
Femenino	20	0,42*	0,25 – 0,59	4,85			
Mixto	7	0,29	-0,08 – 0,66	1,52			
Nivel de entrenamiento	80	0,34	0,24 – 0,44	6,79	0,13		0,71
No entrenados	10	0,30	-0,26 – 0,87	1,06			
Entrenados	70	0,34*	0,25 – 0,43	7,25			
Tipo de deporte/actividad	80	0,31	-0,25 – 0,87	1,06	0,27		0,89
Individual	7	0,47	0,04 – 0,90	2,13			
No realiza	10	0,30	-0,26 – 0,87	1,06			
En equipo con balón	10	0,48*	0,26 – 0,69	4,37			
Recreativo	14	0,28*	0,09 – 0,47	2,88			
Fuerza-Potencia	39	0,32*	0,20 – 0,44	5,28			
Rendimiento físico							
Forma de medición	80	0,34*	0,24 – 0,44	6,79	0,10		0,75
Ergómetros	76	0,32*	0,22 – 0,42	6,38			
Otros (RAST, dinamómetro)	4	0,60*	0,12 – 1,07	2,47			
Características de la suplementación							
Tipo de creatina	80	0,34*	0,24 – 0,44	6,79	1,73		0,12
Cr Monohidrato	19	0,22*	0,07 – 0,38	2,88			
Cr fosfato + fructosa + gel	9	0,22*	0,07 – 0,36	2,98			
5g Cr Cit + 18 g dextrosa	8	0,28"	0,10 – 0,47	3,06			
5g Cr Citr + 4 g fosfatos de Na ⁺ y K ⁺ +18 g dext	8	0,57*	0,28 – 0,86	3,80			
Equiv. 5 g Cr Monohidrato	6	0,38*	0,12 – 0,64	2,88			
Equiv 1.5 g Cr Monohidrato	6	0,22	-0,13 – 0,58	1,24			
5g CrM + 10 g Sacarosa	12	0,62*	0,31 – 0,93	3,94			
10,5 g CrM+3.2 g β-Alanina	3	0,29*	0,25 – 0,34	12,67			
Otros	9	0,41	-0,25 – 1,07	1,20			
Total de días de suplementación	80	0,34*	0,24 – 0,44	6,79		-0,22	0,54
Forma de suplementación	79	0,34*	0,24 – 0,44	6,73	6,22		0,01*
Carga	59	0,37*	0,36 – 0,47	6,84			
Carga + Mantenimiento	20	0,22	-0,01 – 0,45	1,88			
g totales (dosis total)	80	0,34*	0,24 – 0,44	6,79		-0,02	0,84

* Significancia con α= 0,05.

(RAST: Running Based Anaerobic Sprint Test; Cr: Creatina; Cit: Citrato; dext: Dextrosa; CrM: Monohidrato de creatina; Glu: Glucosa; Otros tipos de Cr: CrM+2.12 g sacarosa, CrM+1g maltodextrina, 3gCr+3 gHidroxi-Metil-Butirato+6 g CHO, Cr+18 g dext, CrMaleato, CrM+15 g Glu+10 g Maleato, 10.5 g CrM+3.2g β-Alanina).

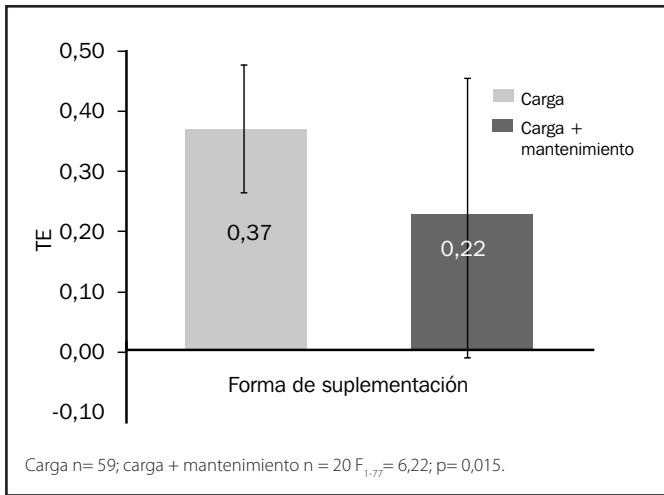
Discusión

El presente meta-análisis determinó un TE global moderado-pequeño (TE=0,34) en la capacidad anaeróbica posterior al consumo de Cr según la clasificación de Cohen³⁶, donde un TE 0,20 o menos es pequeño, cercano a 0,50 es moderado y de 0,80 o mayor es grande.

El TE global fue diferente entre condiciones (experimental > placebo) (F(1, 129)= 9.56, p<0,05, α= 0,05), siendo significativo en el G_{ex} y

no significativo en el GP_r. Contrario a lo sucedido en el meta-análisis de Gutiérrez *et al.*¹³, en el que hubo una mejoría en ambos grupos en variables como la potencia pico, el trabajo total, el pico de fuerza y 1RM.

El análisis de heterogeneidad (Q de Cochran's) resultó no significativo, lo cual representa que los TE individuales analizados son homogéneos, por lo que su análisis se realizó con el propósito de observar algún comportamiento específico en alguna de las variables y que explicara el TE global.

Figura 5. Diferencia en los TE según forma de suplementación

Características de los sujetos

El presente meta-análisis no demostró diferencias entre sexos ($p=0,81$), obteniendo mejoría en el TE de la capacidad anaeróbica tanto para hombres como para mujeres (TE= 0,32 y 0,42 respectivamente).

Similar a lo encontrado en este estudio, Ledford y Branch³⁷ realizaron un estudio a doble ciego en nueve mujeres físicamente activas, a quienes se les suministró 20g/día x 5 días de CrM o placebo (Polycose), medido al día 5, además, dejando 95 ± 3 días de período de limpieza (sin tratamiento, en el cual también se realizaron mediciones). Utilizaron el *Wingate Test* (WT) para medir la potencia pico (PP) y la capacidad de trabajo (CT), en los que no se encontraron mejorías (G_{ex} PP: CrM: 540 ± 30 , 484 ± 23 , 435 ± 19 W vs G_{pi} : 522 ± 30 , 481 ± 22 , 403 ± 32 W; entre tratamientos $p=0,30$; tratamiento-medición: $p=0,39$; CT: CrM: $12,39 \pm 0,67$; $10,60 \pm 0,50$; $9,56 \pm 0,59$ kJ vs GPI: $12,09 \pm 0,32$; $10,60 \pm 0,54$; $9,39 \pm 0,67$ kJ; entre tratamientos $p= 0,76$ y entre tratamientos-mediciones $p=0,66$).

Por su parte, Eckerson *et al.*²⁹, en su estudio cruzado a doble ciego en 31 hombres y 30 mujeres, para determinar el efecto de la suplementación con tres tratamientos: fosfato de creatina (CP), Creatina (Cr) y Placebo (PI= dextrosa) en la capacidad de trabajo anaeróbico (CT) mediante el test de potencia crítica, el cual fue realizado pre tratamiento y a los dos y seis días de suplementación. Como resultado, no encontraron diferencias en la CT ni interacciones significativas entre mediciones y tratamientos en las mujeres; en tanto que los hombres mejoraron significativamente la CT con interacciones significativas entre mediciones (23,8% a los dos días y 49,8% a los seis días de suplementación) vs el placebo. En tanto que al analizar la CT entre tratamientos sin diferencia de grupos, se determinó un incremento del 13-15% en el grupo con Cr vs el placebo, no obstante, estos resultados no fueron significativos.

Rendimiento físico

En el presente estudio la forma de medición de la capacidad anaeróbica se realizó con 76 TE para ergómetros (incluyó cicloergómetros, kayakergómetros, remoergómetros, entre otros) y cuatro que incluían otros métodos (dinamómetros y el *Running-based Anaerobic Sprint Test*

[RAST]), sin encontrar diferencias significativas entre métodos ($p= 0,75$). Pero sí se encontró significancia en el TE, mostrando un TE moderado en ambos casos (TE= 0,32 y 0,60 respectivamente).

En el meta-análisis realizado por Dempsey *et al.*¹⁰, en el que incluyeron tres estudios con un total de nueve TE y un $n= 149$ sujetos ($nCr= 75$; $nPI= 74$), no mostró un TE significativo en la capacidad anaeróbica medida mediante el pico de potencia obtenido con cicloergómetros. De igual forma, no se encontró significancia estadística al analizar tres estudios que midieron el pico de torque mediante dinamómetros.

Características de la suplementación

En este caso, no hubo diferencias significativas en los TE según el tipo de Cr consumida por los sujetos, mostrando TE pequeños a moderados (TE= 0,22 a 0,62). Referente a esto, Stout *et al.*³⁸, realizaron un estudio a doble ciego durante ocho semanas, con 24 jugadores universitarios de fútbol americano, bajo tres condiciones de tratamiento: 1) placebo (35 g de carbohidratos [CHO]), 2) 5,25 g de monohidrato de creatina (CrM) + 1g CHO o 3) 5,25 g CM + 33 g de CHO. Estos tratamientos fueron consumidas cuatro veces al día durante cinco días y luego dos veces al día hasta completar las ocho semanas resultando en mejoras significativas en el *press* de banca, salto vertical y carrera de 100 yardas planas, encontrando diferencias significativas en el grupo que consumió CrM + CHO en las variables de salto vertical y en carrera de 100 y, en tanto que el *press* de banca mostró mejora significativa en los tres tratamientos ($p<0,01$).

Rebello *et al.*²⁹, realizaron un estudio a doble ciego placebo-control en 18 nadadores (6 mujeres y 12 hombres), distribuidos en dos grupos, uno recibió cuatro dosis por día de 5 g de Cr + 20 g de CHO, y el placebo (PI) recibió cuatro dosis de 20 g de CHO. En el que, entre las variables de rendimiento reportadas, se indica la realización de un test de resistencia anaeróbica de alta intensidad, con una duración de 30-150 segundos el cual consistió en un test de 100 m a intensidad máxima nadando. Resultando en niveles mayores de lactato en el PI vs Cr, sin embargo, no hubo diferencias entre grupos, pero sí entre mediciones en el PI.

La forma de suplementación (carga vs carga + mantenimiento), mostró una diferencia significativa entre los TE (TE= 0,37 vs 0,22 respectivamente).

Conclusión

La capacidad anaeróbica se favorece con el consumo de Cr en cualquiera de sus presentaciones, en ambos sexos tanto en sujetos entrenados como no entrenados.

El mayor efecto de la Cr en la capacidad anaeróbica se da durante la fase de carga vs aquellos en que se da una fase de carga y mantenimiento (TE= 0,37 vs 0,22), en tanto que la dosis total de este recurso ergogénico, no mostró un TE significativo ($p=0,84$).

Recomendaciones

Se recomienda que las revistas soliciten la estadística descriptiva de los manuscritos a los investigadores, esto para mejorar la inclusión de artículos en el desarrollo de meta-análisis.

Realizar más estudios experimentales con pruebas específicas según el deporte que se realice y en los que se cuente con una descripción detallada de la prueba y del tratamiento.

Finalmente se recomienda realizar más estudios en mujeres, definir y describir claramente el entrenamiento y realizar estudios en los que se comparen dosis de carga o mantenimiento en un período igual o superior a 28 días.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de intereses alguno.

Bibliografía

1. Terenzi G. A creatina como recurso ergogénico em exercícios de alta intensidade e Curta duração: Uma revisão sistemática. *Rev Bras Nut Esportiva*. 2013;7:91-8.
2. Yánes-Silva A, Buzzachera C, Piçarro I, Januario R, Ferreira S, McAnultys S, et al. Effect of low dose, short-term creatine supplementation on muscle power output in elite youth soccer players. *J Int Soc Sports Nutr*. (revista electrónica) 2017 Feb (consultado 1604/2017) disponible en <https://jissn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12970-017-0162-2>.
3. Poortmans J, Rawson E, Burke L, Steal S, Castell I. A-Z of nutritional supplements: dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance Part 11. *Br J Sports Med*. 2010;44:765-6.
4. Fernández A. Fuentes energéticas en el ejercicio. En López, J. y Fernández A. *Fisiología del ejercicio*. Buenos Aires; Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2006. p. 185-8.
5. Greenhaff P. The nutritional biochemistry of creatine. *J Nutr Biochem*. 1997;8:6-10.
6. Clark J. Creatine: A review of its nutritional applications in sport. *Nutrition*. 1998;14:322-4.
7. Kelly V, Jenkins D. Effect of oral creatine supplementation on near-maximal strength and repeated sets of high-intensity bench press exercise. *J Strength Cond Res*. 1998;12:109-15.
8. Rossouw F, Krüger P, Rossouw J. The effect of creatine monohydrate loading on maximal intermittent exercise and sport-specific strength in well trained power lifters. *Nutr Res*. 2000;20:505-14.
9. Glaister M, Lockey RA, Abraham CS, Staerck A, Goodwin JE, McInnes G. Creatine supplementation and multiple sprint running performance. *J Strength Cond Res*. 2006;20:273-7.
10. Dempsey R, Mazzone J, Meurer L. Does oral creatine supplementation improve strength?: A meta-analysis. *J Fam Pract*. 2002;51:945-51.
11. Nissen S, Sharp R. Effect of dietary supplements on lean mass and strength gains with resistance exercise: a meta-analysis. *J Appl Physiol*. 2002;94:651-9.
12. Branch D. Effect of creatine supplementation on body composition and performance: A meta-analysis. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2003;13:198-226.
13. Gutiérrez O, Moncada J, Salazar W, Robinson E. The Effects of Creatine Supplementation on Biochemical, Body Composition, and Performance Outcomes in Humans: A Meta-analysis. *Int J Appl Sports Sci*. 2006;18:12-38.
14. Borenstein M, Hedges LV, Higgins JP, Rothstein HR. *Introduction to meta-analysis*. Reino Unido. Editorial John Wiley & Sons; 2009. p. 1-452.
15. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gotzsche PC, Ioannidis JP, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Ann Intern Med*. 2009;151:W65-94.
16. Jiménez J, Salazar W, Morera M. Interferencia contextual en el desempeño de destrezas motrices: un metaanálisis. *Rev Cienc Ejerc Salud*. 2014;12:1-23.
17. Orwin RG. A fail-safe N for effect size in meta-analysis. *J Educ. Behav. Sta*. 1983;157-9.
18. Jagim A, Oliver J, Sanchez A, Galvan E, Fluckey J, Riechman, S, et al. A buffered form of creatine does not promote greater changes in muscle creatine content, body composition, or training adaptations than creatine monohydrate. *J Int Soc Sports Nutr*. 2012;9:1-18.
19. O'Connor DM, Crowe MJ. Effects of six weeks of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) and HMB/creatine supplementation on strength, power, and anthropometry of highly trained athletes. *J Strength Cond Res*. 2007;21:419-23.
20. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG y PRISMA Group. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and MetaAnalyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med*. (revista electrónica) 2009 Enero (consultado 0211/2015). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2707599/pdf/pmed.1000097.pdf>
21. Hamilton K, Meyers MC, Skelly WA, Marley RJ. Oral Creatine Supplementation and Upper Extremity Anaerobic Response in Females. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2000;10:277-89.
22. Nelson AG, Day R, Glickman-Weiss EL, Hegsted M, Kokkonen J, Sampson B. Creatine supplementation alters the response to a graded cycle ergometer test. *Eur J Appl Physiol*. 2000;83:89-94.
23. Syrotuik DG, Game AB, Gillies EM, Bell GJ. Effects of Creatine Monohydrate Supplementation During Combined Strength and High Intensity Rowing Training on Performance. *Can J Appl Physiol*. 2001;26:527-42.
24. Wiroth JB, Bermon S, Andrei S, Dalloz E, Hebuterne X, Dolisi C. Effects of oral creatine supplementation on maximal pedalling performance in older adults. / Effets de la prise de creatine sur la performance maximale de pedalage chez l'adulte. *Eur J Appl Physiol*. 2001;84:533-9.
25. Chwalbinska-Moneta, J. Effect of Creatine Supplementation on Aerobic Performance and Anaerobic Capacity in Elite Rowers in the Course of Endurance Training. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2003;13:173-83.
26. Van Loon LJC, Oosterlaar AM, Hartgens F, Hesselink MKC, Snow RJ, Wagenmakers AJM. Effects of creatine loading and prolonged creatine supplementation on body composition, fuel selection, sprint and endurance performance in humans. *Clin Sci*. 2003;104:153-62.
27. Eckerson JM, Stout JR, Moore GA, Stone NJ, Nishimura K, Tamura K. Effect of two and five days of creatine loading on anaerobic working capacity in women. *J Strength Cond Res*. 2004;18:168-73.
28. Ahmun, RP, Tong RJ, Grimshaw PN. The effects of acute creatine supplementation on multiple sprint cycling and running performance in rugby players. *J Strength Cond Res*. 2005;19:92-7.
29. Eckerson JM, Stout JR, Moore GA, Stone NJ, Iwan KA, Gebauer AN, et al. Effect of creatine phosphate supplementation on anaerobic working capacity and body weight after two and six days of loading in men and women. *J Strength Cond Res*. 2005;19:756-63.
30. Hoffman JR, Stout JR, Falvo MJ, Jie K, Ratamess NA. Effect of low-dose, short-duration creatine supplementation on anaerobic exercise performance. *J Strength Cond Res*. 2005;19:260-4.
31. Hoffman J, Ratamess N, Kang J, Mangine G, Faigenbaum A, Stout J. Effect of creatine and beta-alanine supplementation on performance and endocrine responses in strength/power athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2006;16:430-46.
32. Reardon TF, Ruell PA, Singh MAF, Thompson CH, Rooney KB. Creatine supplementation does not enhance submaximal aerobic training adaptations in healthy young men and women. *Eur J Appl Physiol*. 2006;98:234-41.
33. Azizi M. The effect of a short-term creatine supplementation on some of the anaerobic performance and sprint swimming records of female competitive swimmers. *Procedia Soc Behav Sci*. 2011;15:1626-9.
34. Sterkowicz S, Tyka AK, Chwastowski M, Sterkowicz-Przybycień K, Tyka A, Klys A. The effects of training and creatine malate supplementation during preparation period on physical capacity and special fitness in judo contestants. *J Int Soc Sports Nutr* 2012;9:41-8.
35. Deminice R, Rosa FT, Franco GS, Jordao AA, De Freitas EC. Effects of creatine supplementation on oxidative stress and inflammatory markers after repeated-sprint exercise in humans. *Nutrition*. 2013;29:1127-32.
36. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. New York. Academic Press; 1988. p. 82.
37. Ledford A, Branch J. Creatine Supplementation Does Not Increase Peak Power Production and Work Capacity During Repetitive Wingate Testing in Women. *The J Strength Cond Res*. 1999;13:394-9.
38. Stout J, Eckerson J, Noonan D, Moore G, Cullen D. Effects of 8 weeks of creatine supplementation on exercise performance and fat-free weight in football players during training. *Nutr Res*. 1999;19:217-25.