

Research

Efectos de la Suplementación con Creatina sobre las Características de la Curva Fuerza Isométrica - Tiempo

Debra A Bembem¹, Michael G Bembem¹, Troy D Tuttle¹ y Allen W Knehans¹

¹Neuromuscular Research Center and Department of Biology of Physical Activity, University of Jyväskylä, SF-40700 Jyväskylä, Finland.

RESUMEN

Propósito: Valorar los efectos de la suplementación con monohidrato de creatina sobre los parámetros de la curva fuerza isométrica - tiempo en hombres sedentarios universitarios de entre 18-25 años de edad. **Métodos:** Utilizando un diseño doble ciego se asignaron los sujetos a un grupo tratamiento (con creatina (Cr)) (n = 11) o a un grupo placebo (P) (n = 18). El grupo Cr recibió 20 g/día de Cr en los primeros 5 días, cuatro veces por día (período de carga) seguido de una dosis de 5 g/día en los siguientes 5 días (fase de mantenimiento) y luego no ingirieron creatina durante 7 días (período de lavado). Cada dosis de 5 g fue combinada con 250 ml de Gatorade®. El grupo P recibió placebo (maicena) siguiendo el mismo régimen y protocolo de dosaje que el grupo Cr. Todos los sujetos eran sedentarios y no habían utilizado ningún suplemento nutricional en los 6 meses previos al estudio. Las mediciones de la producción de fuerza isométrica de cuatro grupos musculares (flexores y extensores del codo, flexores y extensores de la rodilla) estuvieron caracterizadas por diversos parámetros de curva fuerza-tiempo incluyendo la fuerza máxima (MF), el tiempo necesario para alcanzar la tensión máxima (TMF), la tasa de desarrollo de la fuerza (MRFD) y la resistencia intermitente (impulso total (TI) y porcentaje de reducción en la tensión (PFD)). Las evaluaciones se llevaron a cabo en las condiciones pre-tratamiento, luego de los 10 días en que se llevaron a cabo las fases de carga y mantenimiento, y luego de la fase de lavado. **Resultados:** el análisis de varianza ANOVA para mediciones repetidas indicó que no hubo efectos grupales significativos para ninguno de los grupos musculares respecto de los parámetros de fuerza máxima y solo dos efectos significativos del tiempo para los flexores de la rodilla durante la MF y la MRFD. Similarmente, no se observaron efectos grupales significativos para ninguno de los grupos musculares durante las pruebas de resistencia; sin embargo, se halló un efecto significativo del tiempo respecto del TI para cada grupo muscular evaluado. **Conclusión:** Nuestros hallazgos indican que la suplementación oral con monohidrato de creatina en hombres desentrenados no influencia positivamente la producción de fuerza isométrica, pero incrementa la resistencia muscular en contracciones isométricas intermitentes.

Palabras Clave: producción de fuerza isométrica, ayudas ergogénicas

INTRODUCCION

A medida que se incrementa la popularidad y el uso de la creatina, los investigadores de diferentes disciplinas están incorporando los beneficios documentados de esta ayuda ergogénica a los diferentes campos particulares de la actividad física. La prevención de enfermedades y las opciones de tratamiento, así como también las populares mejoras deportivas, describen los posibles usos de este suplemento.

Se sabe que la creatina (Cr) es un aminoácido derivado que se sintetiza a partir de precursores como arginina, glicina y metionina para formar ácido acético (α-metilguanidino) (21). La Cr es producida en el hígado, los riñones y en el páncreas a una tasa aproximada de 2 g/día (25), encontrándose fuentes exógenas principalmente en la carne, los pescados y las aves, y esta fuente exógena es absorbida mediante transporte activo modulado por insulina, y acumulada principalmente en los músculos esqueléticos. La reserva total de Cr en los hombres es de aproximadamente 120-150 g (2), siendo la forma principal el fosfato de creatina (17). La importancia del sistema de los fosfógenos de Cr es su función como amortiguador fisiológico durante la degradación del ATP, y como tal, la fosfocreatina (PCr) es considerada uno de los factores limitantes durante los movimientos que requieren de esfuerzos máximos (25).

La otra función principal de la PCr es su función en el transporte de energía. La PCr facilita la translocación de energía desde la mitocondria hacia los sitios de utilización de ATP (29). Esta función de transporte ayuda a mantener la disponibilidad de energía para la realización de todos los tipos de trabajo, pero se vuelve progresivamente más importante en movimientos que requieren altas producciones de potencia (21) tal como las contracciones isométricas máximas.

Numerosos estudios han examinado la suplementación con Cr y han documentado mejoras en el rendimiento deportivo (7, 8, 10, 11, 13, 20, 27); sin embargo, poco se sabe respecto de la efectividad de la suplementación con creatina sin los factores de confusión tales como el estímulo de entrenamiento o el efecto que la suplementación podría tener sobre la función muscular isométrica en los distintos grupos musculares que representan el tren superior y el tren inferior. En un estudio se examinaron los efectos de la suplementación con Cr sobre la producción de fuerza isométrica, pero los sujetos seleccionados para este estudio estaban entrenando en forma concurrente la fuerza (23).

La utilización de contracciones isométricas para cuantificar la producción de fuerza luego de la suplementación con Cr es importante por diversas razones. En general se acuerda que cuando se comparan las respuestas musculares isométricas, excéntricas y concéntricas a la carga muscular, las contracciones isométricas muestran una tasa más eficiente de resíntesis de ATP en comparación con los otros tipos de contracción (24, 26, 28). Además, la sollicitación de esfuerzos máximos permite la activación de más unidades motoras y por lo tanto una mayor dependencia de la Cr (8).

La utilización de sujetos sedentarios cuando se valora la efectividad de la suplementación con Cr es un aspecto de importancia debido a que con frecuencia es difícil separar las potenciales mejoras asociadas con la suplementación con Cr, del protocolo de entrenamiento utilizado y también debido a que recientemente se ha utilizado la suplementación con Cr para el tratamiento de individuos con desórdenes clínicos. Se ha reportado que la suplementación con Cr era bien tolerada por individuos con distrofia muscular (19, 33) y que se han observado mejoras en pacientes con polimiositis (18) y con artritis reumatoidea (34). De esta manera, la futura utilización de la suplementación con Cr para individuos que están clínicamente limitados a una mínima cantidad de actividad puede proporcionar una opción de tratamiento para ayudar a mejorar la función muscular.

Por lo tanto, el propósito de este estudio fue investigar los efectos de la suplementación con Cr sobre las características de la curva fuerza isométrica-tiempo en cuatro grupos musculares en hombres sedentarios universitarios. Se valoraron la fuerza máxima, el tiempo necesario para alcanzar la fuerza máxima, la máxima tasa de desarrollo de la fuerza y parámetros de la resistencia en contracciones isométricas intermitentes (impulso total y porcentaje de reducción de la fuerza) en diversos grupos musculares del tren superior e inferior (flexores y extensores del codo y flexores y extensores de la rodilla).

MÉTODOS

Sujetos

Diecinueve hombres universitarios, saludables y sedentarios fueron reclutados para participar en el presente estudio. Los sujetos fueron evaluados previamente al inicio del estudio para incluir solo aquellos sujetos que no habían participado regularmente en programas de entrenamiento que incluyeran levantamientos de pesas y entrenamientos cardiovasculares en los 6 meses previos al comienzo del estudio. Además, solo se incluyeron en el estudio aquellos sujetos que no hubieran tenido contacto previo con el monohidrato de Cr. Todos los sujetos fueron informados acerca de los requerimientos del estudio y, luego de obtener la aprobación del Comité de Revisión Institucional para la utilización de Sujetos Humanos, cada sujeto firmó un formulario de consentimiento informado. Luego de esto los sujetos fueron asignados aleatoriamente al grupo experimental (Cr) o al grupo placebo (P).

Suplementación con Creatina

El presente protocolo de suplementación fue derivado de un procedimiento de tres etapas que incluye una fase de carga de 5 días, una fase de mantenimiento de 5 días, y una fase de lavado de 7 días. Durante la fase de carga (días 2-6), cada sujeto fue instruido para que bebiera 250 mL del fluido experimental (5 g de Cr (14) en 250 mL de Gatorade® para el grupo Cr y 5 g de maicena en 250 mL de Gatorade® para el grupo P) cuatro veces por día de acuerdo con el siguiente horario: en el desayuno, en el almuerzo, entre el almuerzo y la cena, y en la cena. Durante la fase de mantenimiento (días 7-11), el grupo Cr ingirió una dosis (luego del desayuno) de Cr/Gatorade®, mientras que el grupo P consumió la bebida con maicena/Gatorade®. Durante el período de lavado o *washout* de 7 días (días 12-18), ninguno de los grupos consumió algún tipo de bebida experimental.

Calendario de Evaluaciones, Instrumentación y Procedimientos

Cada grupo participó en sesiones de evaluación para valorar las características de la curva fuerza isométrica - tiempo en los días 1 (previo a la fase de carga), 11 (luego de la fase de carga y de mantenimiento), y 18 (luego de la fase de lavado). La evaluación de la fuerza isométrica fue realizada utilizando una jaula para la valoración de la fuerza isométrica (ISAC) para aislar los grupos musculares que estaban siendo evaluados a la vez que se minimizaban los movimientos corporales compensatorios. La ISAC contiene una silla ajustable que puede moverse hacia delante y hacia atrás o puede inclinarse desde los 90° a los 0°. Las barras de estabilización, móviles y ajustables, proveyeron sitios de anclaje para las correas de las celdas de carga que pudieron ser específicamente posicionadas para cada grupo muscular evaluado. Para estabilizar el cuerpo se utilizaron Correas Simpson Racing® aseguradas a la silla. Se utilizó una celda de carga (Omega Engineering, Inc., Stamford, CT; 0-500 lb) en interfase con una computadora. El voltaje de salida de la celda de carga fue registrado a 100 Hz y fue convertido en valores de fuerza (N) utilizando el programa Lab Tech® para Windows® (Versión 1996). La calibración de la celda de carga fue llevada a cabo antes de la evaluación de cada grupo muscular.

Los cuatro grupos musculares fueron evaluados en el siguiente orden: extensores del codo, extensores de la rodilla, flexores del codo y flexores de la rodilla. Luego de realizar estiramientos, los sujetos se sentaron en la silla y se ajustaron las correas de estabilización. Para la evaluación de los extensores y flexores del codo, los sujetos mantuvieron el brazo derecho contra la parte lateral de su cuerpo con el codo flexionado a 90° y el arnés fijado en la muñeca manteniendo la mano cerrada. La posición del antebrazo varió ligeramente entre las dos evaluaciones, con el antebrazo en posición neutral (el pulgar hacia arriba) para la extensión del codo, y con el antebrazo en supinación (la palma de la mano hacia arriba) durante la evaluación de la flexión. Para evaluar la flexión y la extensión de la rodilla, los sujetos se sentaron con la rodilla flexionada a 90° y con el muslo apoyado. El arnés se aseguró al tobillo derecho en ambos tests.

La valoración de la fuerza isométrica máxima fue llevada a cabo pidiéndole a los sujetos que ejercieran la máxima fuerza lo más rápido y lo más enérgicamente posible luego de que se le diera la orden verbal (3). Se realizaron tres pruebas, cada una de 3 segundos de duración, con 1 minuto de recuperación entre las pruebas. Luego de completar las tres pruebas de fuerza máxima, se les dio a los sujetos un período de recuperación de 5 min antes de que se llevaran a cabo las pruebas de resistencia a la fuerza isométrica. Esta prueba consistió de 14 esfuerzos máximos de 2 s de duración, cada uno separado por 2 s de recuperación. Ambos tests fueron completados con el mismo grupo muscular antes de progresar al siguiente grupo muscular.

Cálculo de los Parámetros Neuromusculares

Cada medición de la función muscular isométrica ha sido descrito previamente (4, 5), pero la siguiente es una breve descripción de los parámetros de interés para el presente estudio. La fuerza isométrica voluntaria máxima (MF), o la fuerza máxima, se definió como la mayor fuerza (en Newtons) alcanzada durante la prueba de fuerza isométrica de 3 segundos. La tasa máxima de desarrollo de la fuerza (MRFD) (medida en N/s) se definió como el mayor cambio en la fuerza en el período de 60 ms en base a la secuencia de 6 puntos recolectados durante la prueba de MF de 3 s. El tiempo necesario para alcanzar la fuerza máxima (TMF) (medido en segundos) se definió como el tiempo requerido para que el sujeto incrementara la producción de fuerza desde el 10% al 100% de la fuerza máxima durante la prueba MF. Al impulso (IMP) se definió como el área bajo la curva fuerza - tiempo. El impulso fue considerado como el equivalente al trabajo realizado (N) sumado a lo largo del tiempo medido (en segundos) y fue medido en N/s. el impulso total (TI) (medido en N/s) fue definido como la suma de 14 impulsos sucesivos de 2 segundos obtenidos durante la prueba de resistencia intermitente. El porcentaje de reducción de la fuerza (PFD) fue definido como la reducción en la máxima producción de fuerza durante toda la prueba de resistencia intermitente. La PFD fue calculada utilizando la siguiente ecuación: (valor promedio de la fuerza pico en los dos primeros intervalos de la prueba de resistencia - valor promedio de la fuerza pico en los dos último intervalos de la prueba de resistencia) / (promedio de la fuerza pico en los dos primeros intervalos) × 100.

El agua corporal total, incluyendo el agua corporal intracelular y el agua corporal extracelular, fue medida utilizando un Sistema de Análisis Espectral de Bioimpedancia Multifrecuencia 4000B (Xitron Technologies, Inc., San Diego, CA) (1, 9, 22, 32, 35). Los sujetos fueron evaluados en horas de la mañana antes de consumir alimentos o realizar cualquier tipo de actividad física para eliminar factores tales como el estatus de hidratación que pudieran afectar las mediciones.

Análisis Estadísticos

Todos los datos son reportados como medias \pm error estándar (EE). Los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el programa SPSS® para Windows® (Versión 9.0.1, SPSS, Inc., Chicago, IL). Para evaluar los resultados de las tres pruebas de fuerza isométrica máxima en cada uno de los grupos musculares se utilizó el análisis de varianza ANOVA para mediciones repetidas. Si no se hallaban diferencias estadísticas en los resultados de las tres pruebas, para los subsiguientes análisis se utilizó el valor promedio de las tres pruebas. Para evaluar los efectos grupales de la prueba y los efectos grupales por prueba, se utilizó estadística descriptiva, análisis de varianza ANOVA para mediciones repetidas y pruebas t para mediciones dependientes. La significancia estadística para todos los datos fue establecida a $p \leq 0.05$.

RESULTADOS

No se hallaron diferencias significativas entre los grupos Cr y P respecto de la edad (20.2 ± 0.5 años y 20.6 ± 0.5 años, respectivamente), talla (183.3 ± 2.0 cm y 180.7 ± 4.4 cm, respectivamente) y peso (84.0 ± 5.9 kg y 86.1 ± 4.7 kg, respectivamente). Tampoco se hallaron diferencias significativas entre las pruebas de fuerza isométrica máxima dentro de cada uno de los grupos musculares evaluados. Por lo tanto, para los subsiguientes análisis se utilizó la media de las tres pruebas. Protocolos similares publicados en un estudio previo han mostrado tener una buena confiabilidad día a día ($r < 0.85$) para este tipo de test, en una diversa variedad de grupos de edades (6).

Para asegurar que cada sujeto diera su mayor esfuerzo durante las pruebas de resistencia, se comparó la mayor fuerza pico durante la prueba de resistencia con la fuerza máxima durante la correspondiente prueba de fuerza (prueba t para medidas dependientes). No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre estos dos valores, lo cual indicó que los sujetos dieron su mayor esfuerzo durante las pruebas de resistencia con cada uno de los grupos musculares.

Análisis de las Pruebas de Fuerza Máxima

No se hallaron diferencias significativas entre los grupos en cada uno de los puntos del tiempo para la MF (Figura 1), TMF (Figura 2) o la MRFD (Figura 3) en cualquiera de los grupos musculares evaluados. Solo se hallaron dos efectos del tiempo significativos, y ambos ocurrieron con la flexión de rodilla durante las evaluaciones de MF ($p < 0.001$) y MRFD ($p < 0.05$). Tanto el grupo Cr como el grupo P tuvieron valores significativamente mayores de MF y MRFD luego de las fases de carga y mantenimiento, observándose en el grupo Cr un incremento ligeramente mayor que en el grupo P.

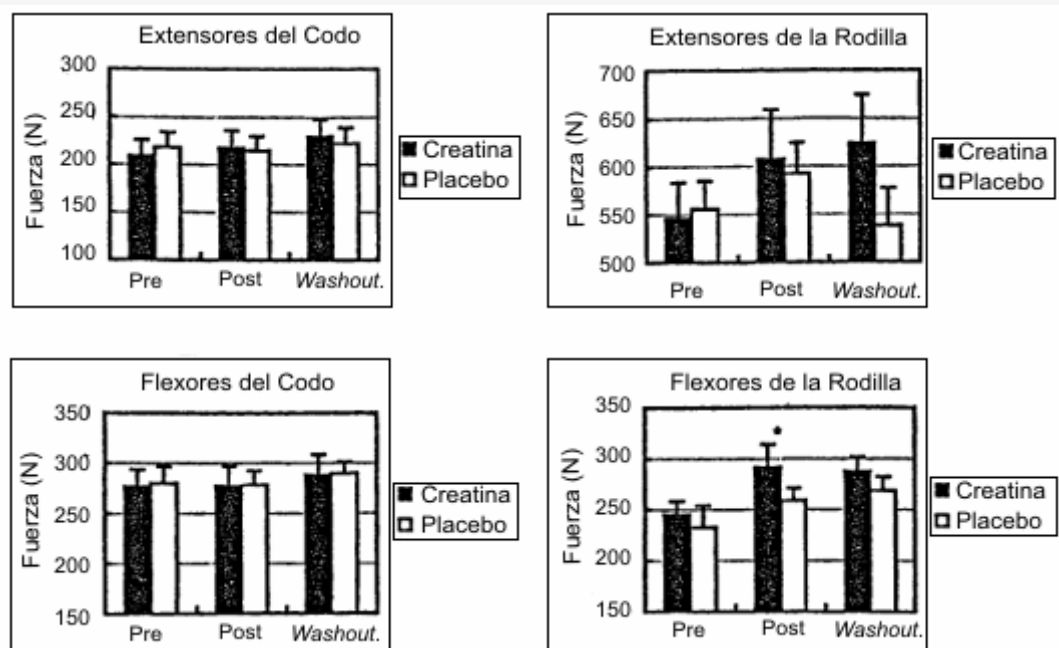


Figura 1. Valores de fuerza máxima (N) en ambos grupos (Cr y P), en cada uno de los grupos musculares (extensores y flexores del codo y extensores y flexores de la rodilla), y en cada evaluación (pre test (Pre), luego de las fases de carga y mantenimiento (Post), y luego de la fase de lavado de 7 días (Washout)). *Efecto significativo del tiempo para los flexores de la rodilla ($p < 0.001$), mostrando

tanto el grupo Cr como el grupo P valores significativamente mayores de MF luego de las fases de carga y mantenimiento, y observándose en el grupo Cr un incremento ligeramente mayor que en el grupo P.

La MF para los flexores de la rodilla en los grupos Cr y P en la evaluación pre test fue de 246.0 ± 12.7 N y 232.3 ± 21.6 N, respectivamente; luego de las fases de carga y mantenimiento, 292.0 ± 21.6 y 258.7 ± 20.5 N, respectivamente, y luego de la fase de lavado de 7 días, 287.1 ± 13.7 N y 286.5 ± 13.7 N, respectivamente. Los valores de MRFD fueron de 782.0 ± 151.9 y 853.6 ± 201.9 N/s, 1033.9 ± 107.8 y 1052.5 ± 211.7 N/s y 1038.8 ± 102.9 y 1043.7 ± 101.9 N/s, respectivamente.

Análisis de las Pruebas de Resistencia Intermitente

No se hallaron diferencias significativas entre los grupos para la TI (Figura 4) o el PFD (Figura 5) en ninguno de los grupos musculares evaluados. Sin embargo, hubo un efecto significativo del tiempo, hallándose incrementos significativos en la TI tanto en la sesión de evaluación posterior a las fases de carga y mantenimiento como en la sesión de evaluación posterior a la fase de lavado en comparación con la evaluación pre suplementación, para los extensores de la rodilla ($p < 0.001$), los flexores de la rodilla ($p < 0.001$), los extensores del codo ($p < 0.05$) y los flexores del codo ($p < 0.05$). Se observó una interacción significativa entre el grupo y el tiempo para la PFD en los extensores de la rodilla ($p < 0.05$) y en los flexores del codo ($p < 0.01$)

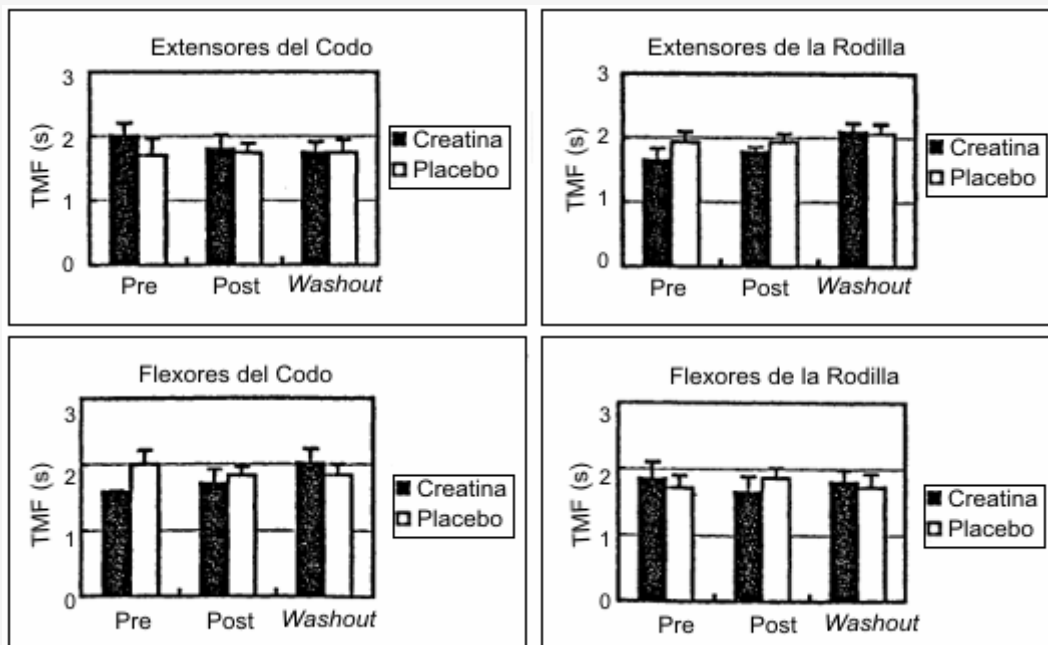


Figura 2. Valores del tiempo necesario para alcanzar la fuerza máxima (TMF) (s) en cada uno de los grupos musculares (extensores y flexores del codo y extensores y flexores de la rodilla), y en cada evaluación (pre test (Pre), luego de las fases de carga y mantenimiento (Post), y luego de la fase de lavado de 7 días (Washout))

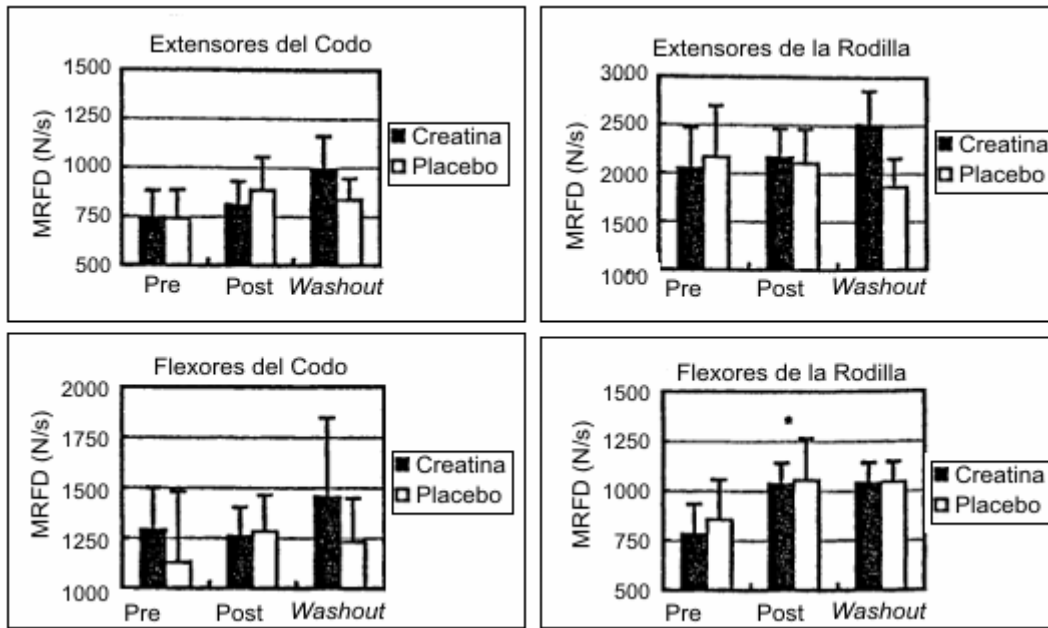


Figura 3. Valores la tasa máxima de desarrollo de la fuerza (MRFD) (N/s) en ambos grupos (Cr y P), en cada uno de los grupos musculares (extensores y flexores del codo y extensores y flexores de la rodilla), y en cada evaluación (pre test (Pre), luego de las fases de carga y mantenimiento (Post), y luego de la fase de lavado de 7 días (Washout)). *Efecto significativo del tiempo para los flexores de la rodilla ($p < 0.05$), mostrando tanto el grupo Cr como el grupo P valores significativamente mayores de MRFD luego de las fases de carga y mantenimiento

Análisis del Agua Corporal

No se observaron cambios significativos en ninguno de los parámetros del agua corporal entre los dos grupos a lo largo del tiempo (Tabla 1). Se debería señalar, sin embargo, que cada variable del agua corporal se incrementó ligeramente luego de las fases de carga y mantenimiento para el grupo Cr, mientras que los valores se mantuvieron esencialmente sin cambios en el grupo P.

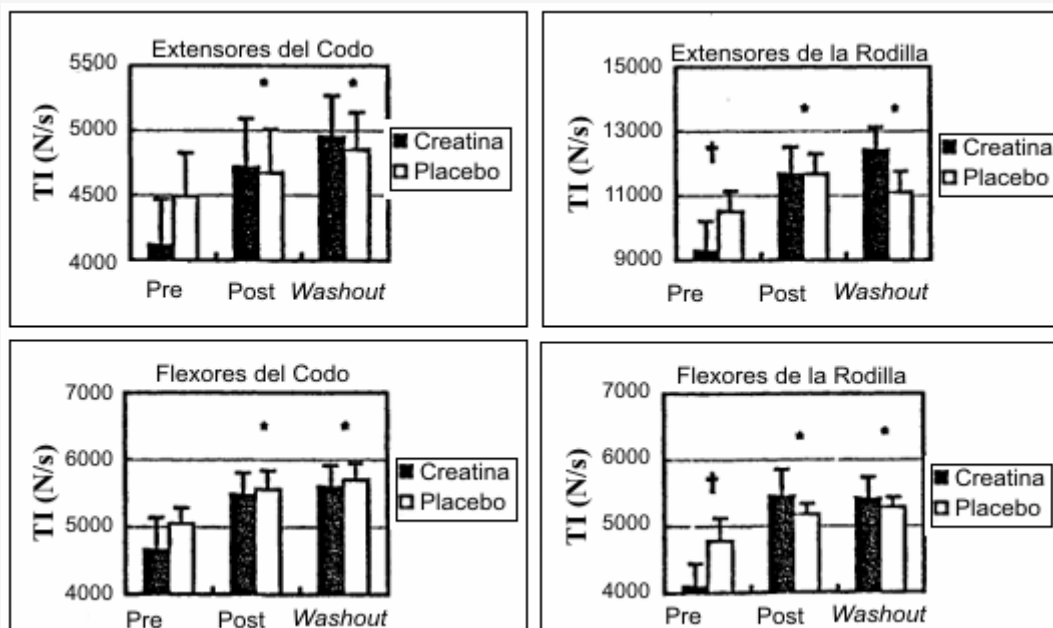


Figura 4. Valores del impulso total (TI) (N/s) en ambos grupos (Cr y P), en cada uno de los grupos musculares (extensores y flexores del codo y extensores y flexores de la rodilla), y en cada evaluación (pre test (Pre), luego de las fases de carga y mantenimiento (Post), y luego de la fase de lavado de 7 días (Washout)). *Efecto significativo del tiempo para los flexores de la rodilla ($p < 0.05$), mostrando tanto el grupo Cr como el grupo P valores significativamente mayores de TI luego de las fases de carga y mantenimiento

y luego de la fase de lavado de 7 días (Washout)). *Efecto significativo del tiempo para los extensores de la rodilla ($p<0.001$), flexores de la rodilla ($p<0.001$), extensores del codo ($p<0.05$) y flexores del codo ($p<0.05$), observándose un mayor TI tanto en la sesión de evaluación posterior a las fases de carga y mantenimiento como en la sesión de evaluación posterior a la fase de lavado en comparación con la evaluación pre suplementación. † Interacción significativa entre el grupo y el tiempo para el TI en los extensores de la rodilla ($p<0.05$) y en los flexores de la rodilla ($p<0.05$)

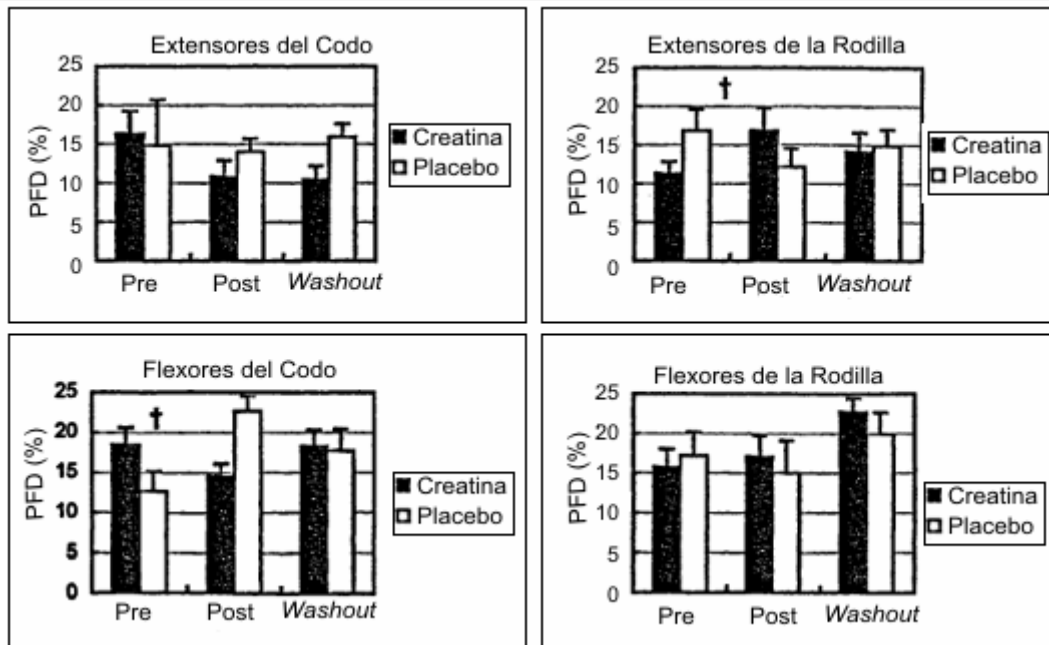


Figura 5. Valores del porcentaje de reducción de la fuerza (PFD) (%) en ambos grupos (Cr y P), en cada uno de los grupos musculares (tríceps, cuádriceps, bíceps e isquiotibiales), y en cada evaluación (pre test (Pre)), luego de las fases de carga y mantenimiento (Post), y luego de la fase de lavado de 7 días (Washout)). † Interacción significativa entre el grupo y el tiempo para los extensores de la rodilla ($p<0.05$) y para los flexores del codo ($p<0.01$).

DISCUSION

Este estudio intentó examinar los efectos de la suplementación con Cr sobre la capacidad de producción de fuerza isométrica en cuatro grupos musculares. Se eligieron como sujetos a hombres desentrenados, en lugar de deportistas, para que se pudieran evitar las influencias de cualquier tipo de entrenamiento que pudieran actuar sinérgicamente con la Cr. La evaluación isométrica proporcionó un método finito y preciso para investigar los efectos de la Cr sobre la producción de fuerza en los flexores y extensores del codo y en los flexores y extensores de la rodilla. La impedancia bioeléctrica fue utilizada para analizar los cambios en el contenido de agua en los diferentes biocompartimentos.

Rendimiento en Fuerza Isométrica Máxima

Globalmente, las capacidades de MF y MRFD de los sujetos evaluados no cambiaron significativamente con la suplementación con Cr. Las únicas diferencias significativas observadas en los parámetros MF y MRFD ocurrieron con el transcurso del tiempo en el grupo muscular de los flexores de la rodilla, observándose los mayores valores luego de las fases de carga y mantenimiento y de la fase de lavado en comparación con los valores previos a la suplementación. Es posible que esta particular mejora pueda haberse debido a la mejora en la eficiencia de los movimientos en lugar de producirse un verdadero cambio en la función muscular.

Parámetro	Antes de la Suplementación (Día 1)	Fases de Carga y de Mantenimiento (Día 11)	Fase de Lavado (Día 18)
TBW - Cr	47.32 ± 2.61	50.65 ± 3.44	48.13 ± 2.81
TBW - P	46.93 ± 1.94	44.82 ± 2.06	46.00 ± 1.74
ICF - Cr	27.57 ± 1.72	29.47 ± 2.25	27.44 ± 1.01
ICF - P	26.72 ± 1.10	25.84 ± 1.03	26.15 ± 0.90
ECF - Cr	19.64 ± 0.99	21.21 ± 1.38	19.53 ± 1.03
ECF - P	20.20 ± 0.90	18.96 ± 1.17	19.84 ± 0.94

Tabla 1. Cambios en el agua corporal total, y en los fluidos intracelulares y extracelulares. Los datos son presentados como valores medios ± EEM. TBW, agua corporal total (L); ICF, agua intracelular (L); ECF, agua extracelular (L); Cr, grupo suplementado con creatina (tratamiento); P, grupo suplementado con placebo

Se observó que muchos de los sujetos tuvieron problemas con el movimiento inicial en la flexión de rodillas incluso luego de que se realizara una sesión de familiarización. El movimiento y el desarrollo de la fuerza máxima en los flexores de la rodilla cuando estos se encuentran asilados parece ser más difícil en comparación con movimientos más comunes tales como la extensión de la rodilla, y la flexión y extensión del codo. Además, no se puede descartar la posibilidad de un efecto de entrenamiento resultado de los procedimientos de la evaluación en sí misma. Cuando se experimenta con individuos desentrenados y se utiliza un protocolo que involucre esfuerzos máximos, es posible que se produzcan ciertas adaptaciones, sin importar cuán ligeras hayan sean estas. Funcionalmente hablando, los flexores de la rodilla no son muy utilizados por individuos desentrenados, ya que sus movimientos más potentes se relacionan principalmente con la desaceleración del cuerpo cuando este se mueve hacia abajo, y con el arrastre del pie hacia atrás durante la carrera. Por lo tanto, los protocolos de evaluación utilizados en el presente estudio pueden haber inducido pequeños cambios a nivel neuromuscular en los flexores de la rodilla, los cuales a la vez podrían explicar los efectos significativos observados en el presente estudio.

Análisis de la Prueba de Resistencia Intermitente

Las valoraciones de la resistencia mostraron resultados marcadamente diferentes. El impulso total en los cuatro grupos musculares evaluados mostró incrementos significativos luego de las fases de carga y mantenimiento. Es interesante señalar que esta mejora fue alcanzada tanto en el grupo Cr como en el grupo P. Se consideró la posibilidad de que los sujetos puedan haberse “contenido” durante la evaluación de la resistencia en un intento por guardar energía para los últimos intentos. Sin embargo, a través de las constantes indicaciones verbales y a través de la comparación de los valores máximos de la resistencia inicial con los valores máximos obtenidos en las tres pruebas previas de MF, esta variable de potencial confusión fue minimizada. Urbanski et al (30) y Harris et al (15) reportaron incrementos similares en el trabajo luego de la suplementación con Cr. Los presentes hallazgos, sin embargo, contrastan con los resultados de un estudio similar llevado a cabo con hombres desentrenados, en el cual se utilizaron 30 pruebas isocinéticas máximas (12). Quizás las diferencias en las modalidades de evaluación puedan explicar los controversiales hallazgos en base a los parámetros de la fuerza y del tiempo. Por ejemplo, es posible que no se hayan alcanzado mejoras significativas respecto de la producción pico de fuerza (evaluación isocinética), pero el trabajo realizado en una cantidad de tiempo dada (impulso total) como en el presente estudio (evaluación isométrica) pudo haber sido influenciado por la ingesta de Cr. Un estudio que involucró la suplementación con Cr y la evaluación de las características de la fuerza isométrica máxima fue llevado a cabo con sujetos que participaban en un programa de entrenamiento de la fuerza (23). Las capacidades de fuerza máxima y de resistencia se incrementaron significativamente en ambas piernas luego de la suplementación con Cr. Por lo tanto, la utilización de Cr en sujetos que se encuentran realizando un programa para el entrenamiento de la fuerza puede ofrecer mayores beneficios respecto de la mejora en la producción de fuerza que en individuos inactivos.

Respaldando la noción de que la Cr puede permitir realizar una mayor cantidad de trabajo durante una sesión de ejercicio, en un estudio llevado a cabo por Van Leemputte et al (31) se destaca la habilidad de los músculos para reducir el tiempo de relajación durante contracciones isométricas luego de la suplementación con Cr. Esto podría facilitar una más rápida disociación de los puentes cruzados durante la relajación y permitir más tiempo para la unión del ATP antes de la siguiente contracción. Por lo tanto, se podría completar más trabajo durante un período dado de tiempo.

Variables Asociadas con el Agua Corporal

Los pequeños cambios en el agua intracelular, extracelular y en el agua corporal total, observados en el presente estudio no fueron significativos. Varios estudios (21, 35), sin embargo, han demostrado incrementos significativos en el agua corporal total con la suplementación con Cr y han especulado que los cambios en el agua corporal pueden estimular la síntesis de proteínas derivando en la hipertrofia muscular (16). Una posible razón por la cual el presente estudio falla en respaldar estos hallazgos puede resultar de la inadecuada absorción de Cr por los sujetos. Debido a que los sujetos no

fueron expuestos a un estímulo que requiriera del incremento en la utilización de Cr, i.e., ejercicio, la Cr pudo haber sido excretada durante la fase de mantenimiento. A diferencia de los estudios que evaluaron la fuerza muscular luego de una fase de carga de Cr de 5 días, en el presente estudio no se valoraron las variables de la fuerza o de la composición corporal hasta después de que se completaran las fases de carga y mantenimiento. Por lo tanto, la fase de mantenimiento pudo haber representado una ventana durante la cual el exceso de Cr pudo haber sido eliminado.

En resumen, la presente investigación halló algunas nuevas ventajas de la suplementación con Cr en ausencia de un programa regular de levantamiento de pesas. La suplementación con Cr en hombres desentrenados no fue efectiva para incrementar la producción de fuerza isométrica, pero mostró ciertos resultados prometedores respecto del incremento de la capacidad de resistencia en grandes masas musculares durante series cortas de ejercicio isométrico máximo intermitente. La potencial utilidad de estas implicaciones requiere ser investigada más profundamente, quizás en poblaciones más relevantes desde el aspecto clínico.

Dirección para el Envío de Correspondencia

Michael G. Bembem, PhD., F.A.C.S.M., Department of Health and Sport Sciences, University of Oklahoma, Huston Fuman Center, Room 120, Norman, OK 73019; e-mail: mgbembem@ou.edu

REFERENCIAS

1. Armstrong, L.E.R.W. Kenefick, J.W. Castelani, et al (1997). Biomepedance spectroscopy technique: intra-, extracellular, and total body water. *Med. Sci. Sports Exerc.* 29: 1657-1663
2. Balsom, P., K. Soderlund, and B. Ekblom (1994). Creatine in humans with special referente to creatine supplementation. *Sports med.* 18: 268-280
3. Bember, M. G., J. L. Clasey, and B. H. Massey (1990). The effect of the rate of muscle contraction on the force-time curve parameters of male and female subjects. *Res. Q. Exerc. Sport* 61: 96-99
4. Bember, M. G., J. L. Clasey, and B. H. Massey, D. A. Bember, J. E. Mister, and R. A. Boileau (1991). Isometric muscle force production as a function of age in healthy 20- to 74-yr-old men. *Med. Sci. Sports exerc.* 23: 1302-1310
5. Bember, M. G., J. L. Clasey, and B. H. Massey, D. A. Bember, J. E. Mister, and R. A. Boileau. (1996). Isometric intermittent endurance of four muscle groups in men 20-74 yr. *Med. Sci. Sports exerc.* 28: 145-154
6. Bember, M. G., J. L. Clasey, and B. H. Massey, D. A. Bember, J. E. Mister. (1992). Reliability of isometric force-time curve parameters for men aged 20 to 79 years. *J. Appl. Sports Sci.* 6:158-164
7. Cooke, W. H., P. W. Grandjean, and W. s. Barnes. (1995). Effect of oral creatine supplementation on power output and fatigue during bicycle ergometry. *J. Appl. Physiol.* 78:670-673
8. De Luca, C. J., P. J. Foley, and Z. Eric (1996). Motor unit control properties in constant-force isometric contractions. *J. Neurophysiol.* 76:1503-1516
9. Deurenberg, P., A. Andreoli, and A. De Lorenzo (1995). Multi-frequency impedance for the prediction of extracellular water and total body water. *Br. J. Nutr.* 73:349-358
10. Ekblom, B. (1996). Effects of creatine supplementation on performance. *Am. J. Sports. Med.* 24: S39-S39
11. Engelhardt, M., G. Neumann, A. Berball, and I. Reuter (1998). Creatine supplementation in endurance sports. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30:1123-1129.
12. William, J. D., C. Horzorn, D. Martin, and M. H. (2000). Trimble. Effect of oral creatine supplementation on isokinetic torque production. *Med Sci. Sports Exerc* 32:993-996
13. Greenhaff, P.L., A. H. Short, R. Harris, K. Soderlund, and E. Hultman. (1993). Influence of oral creatine supplementation on muscle torque during reverted bouts of maximal voluntary exercise in man. *Clin. Sci.* 84:565-571.
14. Harris, R. C., K. Soderlund, and E. Hultman. (1992). Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clin. Sci.* 83: 367-374
15. Harris, R. C., M. Viru, P. L. Greenhaff, and E. Hultman. (1993). The effect of creatine supplementation on running performance during maximal short term exercise in man. *J. Physiol.* 467:74P
16. Haussinger, D., E. R. Roth, F. Lang, and W. Gerok (1993). Cellular hydration state: an important determinant of protein catabolism in health and disease. *Lancet* 341: 1330-1332
17. Heymsfield, S. B., C. Ateaga, C. McManus, J. Smith, and S. Moffitt (1983). Measurement of muscle mass in humans: validity of the 24-hour urinary creatine method. *Am. J. Clin. Nutr.* 37:478-494
18. Hicks, J. E., F. Millar, P. Plotz, T. H. Chen, and L. Gerber (1993). Isometric exercise increases strength and does not produce sustained creatine phosphokinase increases in a patient with polymyositis. *J. Rheumatol.* 20: 1339-1401
19. Ikeda, K., M. Y. Iwasaki, and N. Wakata (2000). Creatine monohydrate increases strength in patients with neuromuscular disease. *Neurology* 54:537
20. Jones, A. M., T. Atter, and K. P. Gerog (1999). Oral creatine supplementation improves multiple sprint performance in elite ice-hockey players. *J. Sports med. Phys. Fitness* 39:186-196.
21. Kreinder, R. B (1999). creatine supplementation analysis of ergogenic value, medical safety, and concerns. *J. Exerc. Physiol. (serial*

- online). 1:1-12. 1998. available at: <http://www.Css.edu/use/tboone2/asep/jan3.htm>. accessed january 27
22. Lukaski, H. C., P. E. Jonson, W. W. Bolonchuck, and G. I. Lykken (1985). Assessment of fat free mass using bioelectric impedance measurement of the human body.. *Am. J. Clin. Nutr.* 41:810-817.
 23. Maganaris, C. N., and R. J. Maughan (1998). Creatine supplementation enhances maximum voluntary isometric force and endurance capacity in resistance trained men. *Acta Physiol. Scand.* 163:279-287
 24. Muailovich, S. M., J. J. Fredberg, and J. P. Butler (1996). On the theory of muscle contraction: filament extensibility and the development of isometric force and stiffness. *Biophys. J.* 71:1475-1484
 25. Plisk, S. S., and R. B. Kreinder. (1999). Creatine controversy?. *J. Strength cond.* 12:14-23
 26. Reconditi, M., I. Dobbie, M. Irving, et al (1998). Myosin head movements during isometric contraction studied by x-ray diffraction of single frog muscle fiber. *Adv. Exp. Med. Biol.* 453:265-270
 27. Rico-Sanz, J., and M. T. Mendez Marco (2000). Creatine enhances oxygen uptake and performance during alternating intensity exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32:379-385.
 28. Ryschon, T. W., M. D. Fowler, R. E. Wysong, A. Anthony, and R. S. Balan (1997). Efficiency of human skeletal muscle in vivo: comparison of isometric, concentric, and eccentric muscle action. *Efficiency of human skeletal muscle in vivo: comparison of isometric, concentric, and eccentric muscle action*
 29. Saks, V. A., and R. Ventura-Clapier (1992). Biochemical organization of energy metabolism in muscle. *J. Biochem. Org.* 1:9-29
 30. Urbanski, R. L., W. J. Vicent, and B. B. Yaspelkis III (1999). Creatine supplementation differentially affects maximal isometric strength and time to fatigue in large and small muscle groups. *Int. J. Sport Nutri.* 9:136-145
 31. Van Leemputte, M., K. Vandenberghe, and P. Hespel (1999). Shortening of muscle relaxation time after creatine loading. *J. Appl. Physiol.* 86:840-844
 32. Vanloan, M. D., and P. L. Magdin (1992). Use of multifrequency bioelectric impedance analysis for the estimation of extracellular fluid. *Eur. J. Clin. Nutri.* 46:117-124
 33. Walter, M. M. C., H. Lochmuller, P. Reichel, et al (2000). Creatine monohydrate in muscular dystrophies; a double-blind, placebo-controlled clinical study. *Neurology* 54:1848-1850
 34. Wiler, B., G. Stucki, H. Hoppeler, P. Bruhlmann, and S. Krahenbuhl (2000). Effects of creatine supplementation on muscle weakness in patients with rheumatoid arthritis. *Rheumatology* 39:293-298
 35. Ziegenfuss, T. N., L. M. Lowery, and P. W. Lemon. (1999). Acute fluid volume changes in men during three days of creatine supplementation.. *J. Exerc. Physiol. (serial online)* 1:1-9. 1998. Available at: <http://www.css.edu/users/tboone2/asep/jan3.htm> accessed january 27

Cita Original

Bemben Michael G., Troy D. Tuttle, Debra A. Bemben and Allen W. Knehans. Effects of creatine supplementation on isometric force-time curve characteristics. *Med. Sci. Sports Exerc.* Vol 33, No. 11, pp. 1876-1881, 2001.