

Research

Suplementación con Creatina y Rendimiento en Natación: Una Breve Revisión

Melissa J Hopwood¹, Kenneth Graham² y Kieron B Rooney¹¹*School of Exercise and Sport Science, Faculty of Health Sciences, Sydney University, Australia.*²*New South Wales Institute of Sport, Australia.*

RESUMEN

Los suplementos nutricionales son populares entre los atletas que participan en una amplia variedad de deportes. La creatina es uno de los suplementos dietarios más comúnmente utilizados, ya que se han demostrado sus beneficios para la mejora del rendimiento durante series repetidas de actividad anaeróbica de alta intensidad. Esta revisión examina los efectos específicos de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en natación, y considera los efectos de la suplementación con creatina sobre diferentes mediciones de la potencia en esta población de atletas. Las investigaciones realizadas acerca del efecto de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en natación indican que mientras que la suplementación con creatina es inefectiva para mejorar el rendimiento durante un único esprint de natación, la suplementación con creatina puede beneficiar el rendimiento durante la realización de series repetidas de natación. Considerando la relación entre el rendimiento en sprints de natación y las mediciones de la potencia, también se ha examinado el efecto de la suplementación con creatina sobre el desarrollo de la potencia en natación. Cuando se la mide en un ergómetro de natación, la potencia muestra cierta mejora luego de un régimen de suplementación con creatina. La manera en que esta mejora en la producción de potencia se transfiere al rendimiento en la piscina es incierta. Aunque existe cierta evidencia para sugerir un efecto del sexo sobre la mejora del rendimiento en nadadores luego de la suplementación con creatina, la mayoría de las investigaciones indican que los hombres y las mujeres responden de igual manera a la suplementación. Un de las mayores limitaciones de las investigaciones previas es la falta de consideración dada al posible efecto dependiente de la brazada de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en natación. La mayoría de las investigaciones llevadas a cabo hasta la fecha han examinado solamente la brazada de estilo libre. Por lo tanto en este artículo se discuten las potenciales mejoras en el rendimiento en los estilos pecho y mariposa, con respecto a las diferencias biomecánicas y a las diferencias en la eficiencia entre estos estilos y el estilo libre.

Palabras Clave: fosfocreatina, estilo pecho, estilo mariposa, ergómetro, potencia, sexo

INTRODUCCION

La creatina (CR) es un aminoácido sintetizado principalmente en el hígado y es almacenada mayormente en el músculo. Su forma fosforilada, la fosfocreatina (PCr) desempeña un papel integral en la producción anaeróbica de energía dentro del músculo. La PCr está involucrada directamente en la formación del trifosfato de adenosina (ATP) a través de la reacción catalizada por la creatina quinasa:



Los niveles endógenos normales de PCr son suficientes como para mantener la producción de ATP en los 5-10 segundos iniciales de ejercicios explosivos de alta intensidad. El suministro de PCr es limitado, y su depleción es considerada como el principal contribuyente a la fatiga durante tales actividades (Dawson et al., 1995; Greenhaff et al., 1993; Harris et al., 1992). La suplementación con creatina exógena puede utilizarse para incrementar las reservas intramusculares de Cr y PCr. Comúnmente, se ha demostrado que la reserva total de Cr muscular se incrementa en un 20-30% luego de cinco días de suplementación con dosis de 20 g por día (Harris et al., 1992). Luego de este período de carga aguda, se recomienda utilizar dosis de mantenimiento de 2-5 g de creatina por día durante 22-28 días para mantener elevados los niveles intramusculares de Cr, y de esta manera cualquier mejora en el rendimiento que se halla obtenido (Terjung et al., 2000; Vandenberghe et al., 1997; Volek et al., 1999). Sin embargo, debe señalarse, que a pesar de los incrementos en las reservas de Cr y PCr luego de un período de carga de creatina de 5 días, al final de la sexta semana del período de mantenimiento con 2 g de creatina por día, se han observado reducciones en las reservas musculares de Cr y PCr e incluso se ha observado que estas retornan a los niveles basales (van Loon et al., 2003).

La suplementación con creatina con las dosis mencionadas previamente parece no tener efectos adversos para la salud a corto o largo plazo (Mihic et al., 2000; Peeters et al., 1999; Schilling et al., 2001; Volek et al., 1999). Sin embargo, la suplementación con creatina comúnmente está asociada a un incremento en el peso corporal (Balsom et al., 1993a; 1993b; 1995; Greenhaff et al., 1994; Kirksey et al., 1999; Kreider et al., 1998; Mihic et al., 2000; Stone et al., 1999; Vandenberghe et al., 1997; Volek et al., 1999) y existe cierta evidencia anecdótica de incidencia de malestar gastrointestinal y calambres musculares luego de la suplementación (Peeters et al., 1999; Schilling et al., 2001).

Varios estudios han investigado los efectos de la suplementación con creatina durante series repetidas de ejercicios de alta intensidad. Las mediciones de la potencia durante series múltiples de ciclismo de máximo esfuerzo (Balsom et al., 1993a; Birch et al., 1994; Dawson et al., 1995; Kreider et al., 1998), del torque producido durante series repetidas de contracciones voluntarias máximas (Greenhaff et al., 1993; Vandenberghe et al., 1997), y del tiempo necesario para completar carreras de media distancia (Harris et al., 1993) han mostrado mejorar luego de la suplementación con creatina.

Los mecanismos propuestos para dichas mejoras incluyen el incremento en la disponibilidad de PCr para la resíntesis del ATP durante las contracciones (Balsom et al., 1993a; Birch et al., 1994; Greenhaff et al., 1993; Harris et al., 1993; Greenhaff et al., 1994; Dawson et al., 1995; Terjung et al., 2000), el incremento en la disponibilidad de la Cr libre para la resíntesis de PCr durante la recuperación (Balsom et al., 1993a; Greenhaff et al., 1993; 1994; Dawson et al., 1995) y la mejora en la capacidad amortiguadora del músculo (Greenhaff et al., 1993; Harris et al., 1992; Terjung et al., 2000). La suplementación con creatina también parece mejorar los beneficiosos efectos del entrenamiento de sobrecarga sobre la fuerza muscular (Kreider et al., 1998; Peeters et al., 1999; Rawson and Volek, 2003; Stone et al., 1999; Vandenberghe et al., 1997; Volek et al., 1999). Si bien la suplementación con creatina puede ser beneficiosa para la mejora del rendimiento en series repetidas de actividad anaeróbica de alta intensidad, las investigaciones indican que el rendimiento en esfuerzos únicos de esprint probablemente no pueda ser mejorado a través de la suplementación con creatina (Dawson et al., 1995; Odland et al., 1997; Snow et al., 1998). A pesar de que cierta evidencia sugiere que la suplementación con creatina puede tener beneficios durante la realización de ejercicios de resistencia aeróbica (Engelhardt et al., 1998), la mayoría de las investigaciones indican que el rendimiento en este tipo de ejercicio no es mejorado luego de la suplementación con creatina (Balsom et al., 1993b; Stroud et al., 1994; Vandebuerie et al., 1998). Si bien se han llevado a cabo varios estudios para examinar los efectos de la suplementación con creatina en atletas (Harris et al., 1993; Kirksey et al., 1999; Kreider et al., 1998; Stone et al., 1999), la mayor parte de las investigaciones existentes han sido llevadas a cabo en el laboratorio o en un gimnasio. Hasta la fecha, existe poca evidencia que sugiera que los beneficios obtenidos luego de la suplementación con creatina se transfieran al campo deportivo y a las situaciones de competición (Mujika and Padilla, 1997). Por lo tanto es necesario considerar los efectos de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en diferentes deportes competitivos, tanto en situaciones de entrenamiento como de competición. Esta revisión examina los efectos específicos de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en natación. La revisión también considera los efectos de la suplementación con creatina sobre diferentes mediciones de la potencia en nadadores. Se llevaron a cabo búsquedas en las bases de datos de Medline y de Sport Discus utilizando la combinación de las palabras clave "creatina" y "natación". Se consideraron todos aquellos artículos que han examinado los efectos de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en sprints únicos de natación y/o el rendimiento en series repetidas de natación. En general, parece que si bien la suplementación con creatina no provoca la reducción del tiempo necesario para completar un único esprint de natación, es posible que el rendimiento en series repetidas de natación pueda ser mejorado mediante la suplementación con creatina.

SUPLEMENTACION CON CREATINA Y RENDIMIENTO EN NATACION

La contribución de energía anaeróbica al rendimiento en natación puede ser tan alta como el 80% durante un esprint de 50 metros (Holmer, 1983; Toussaint and Hollander, 1994). Por lo tanto, considerando los beneficios potenciales de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en ejercicios anaeróbicos [Revisado en (Terjung et al., 2000)], sería razonable esperar que el rendimiento en natación pueda ser mejorado luego de la suplementación con creatina. Sin embargo, el respaldo al efecto beneficioso de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en natación es inconsistente entre la literatura científica. La ambigüedad hallada en la literatura científica puede atribuirse a las diferencias en el diseño de los estudios tales como, las variables del rendimiento medidas; el protocolo de ejercicio examinado; el protocolo de suplementación seguido; el tamaño de la piscina utilizada para las evaluaciones; y el nivel de entrenamiento de los nadadores. Además, una afirmación definitiva acerca de la eficacia de la suplementación con creatina y la mejora del rendimiento en natación no puede ser fácilmente aceptable debido a la variación en la edad y el sexo de las poblaciones examinadas en los estudios (Ver, Tablas 1 y 2). Sin embargo, existe evidencia para sugerir que, al igual que en los estudios previamente reportados acerca del rendimiento en ciclismo (Balsom et al., 1993a; 1995; Birch et al., 1994; Kreider et al., 1998) y en carreras (Harris et al., 1993), la suplementación con creatina puede mejorar el rendimiento en series repetidas de natación.

SUPLEMENTACION CON CREATINA Y RENDIMIENTO EN ESPRINTS UNICOS DE NATACION

Como se mencionara previamente, la suplementación con creatina tiene poco o ningún efecto sobre el rendimiento en esprints únicos en modos de ejercicio tales como ciclismo y carrera (Dawson et al., 1995; Odland et al., 1997; Snow et al., 1998). Como puede observarse en la Tabla 1, la literatura actual concuerda en que es improbable que la suplementación con creatina tenga efectos beneficiosos sobre el rendimiento en esprints únicos de natación. Utilizando una variedad de diferentes regímenes de suplementación, las investigaciones muestran que el tiempo necesario para completar un único esprint en natación no se ve mejorado luego de la suplementación con creatina (Burke et al., 1996; Mujika et al., 1996; Peyrebrune et al., 1998; Thompson et al., 1996; Dawson et al., 2002). De hecho, Mújica y colaboradores (1996) observaron una ligera reducción del rendimiento luego de la suplementación con creatina. Los autores sugirieron que esto probablemente se debió a una alteración en la mecánica de la brazada y a cambios en la dinámica del fluido como resultado del incremento en el peso corporal observado luego de la suplementación con creatina.

El resultado de un nulo efecto de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en un único esprint en natación no es sorprendente considerando que un único esprint produce una depleción menos marcada en las reservas de PCr en comparación con la realización de esprints repetidos. Consecuentemente, la relación entre la elevación de las reservas musculares de PCr luego de la suplementación con creatina y la prevención de la reducción del rendimiento se ve debilitada durante la realización de un único esprint en comparación con la realización de esprints repetidos.

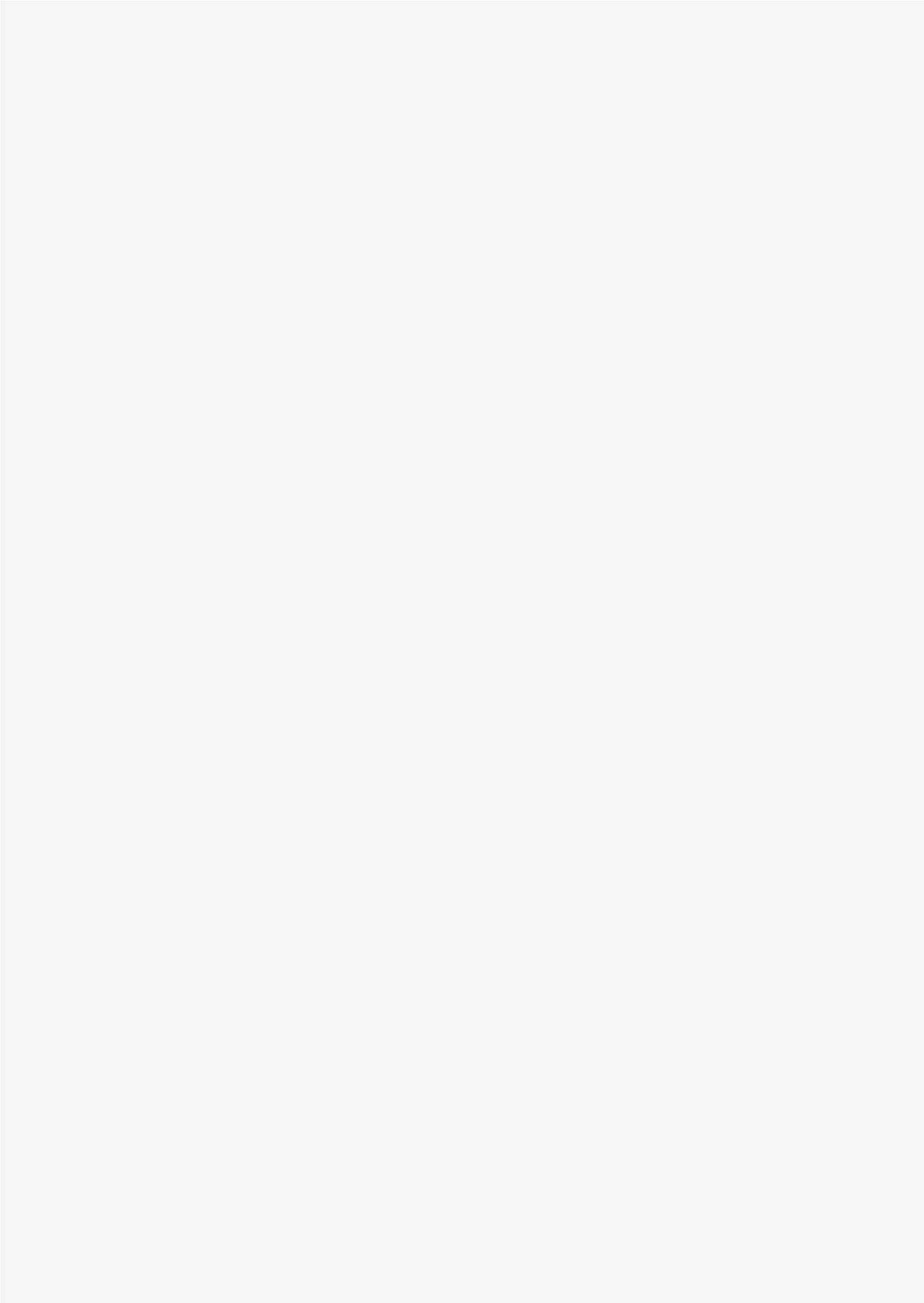
Más específicamente, las diferentes razones detrás del efecto nulo de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en un único esprint en natación se relacionan con el incremento asociado en las reservas intramusculares de Cr luego de cada régimen individual de suplementación con creatina. Con excepción del estudio de Thompson et al. (1996), ninguno de los otros estudios que han examinado los efectos de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en un único esprint en natación ha medido directamente los niveles intramusculares de Cr o PCr. Debido a que dichas mediciones no han sido llevadas a cabo, es difícil valorar la efectividad de la suplementación con creatina para incrementar las reservas de Cr en esta población de deportistas.

Un régimen común de suplementación que ha mostrado elevar significativamente los niveles intramusculares de Cr implica la ingesta de 20-30 g de creatina por día durante cinco a siete días (Greenhaff et al., 1994; Harris et al., 1992; Snow et al., 1998; Terjung et al., 2000; Vandenberghe et al., 1997; Volek et al., 1999). Los estudios de Burke et al. (1996), Mujika et al. (1996) y Dawson et al. (2002) han utilizado este mismo régimen de suplementación para examinar su influencia sobre el rendimiento en un único esprint en natación. Considerando esto, sería razonable asumir que en estos estudios se produjo un aumento en las reservas intramusculares de Cr luego de la suplementación. Por lo tanto, es improbable que la falta de mejoras observadas en los estudios previamente mencionados pueda atribuirse a un insuficiente incremento en las reservas intramusculares de Cr. Thomson et al. (1996) midieron las concentraciones de PCr en el músculo, sin embargo no hallaron cambios luego del período de suplementación. Los autores atribuyeron esto a un efecto de retroalimentación negativa, ya que la suplementación con creatina exógena suprime la biosíntesis endógena de Cr, lo que resulta en la falta

de cambios en la concentración combinada de Cr y PCr en el músculo. Consecuentemente, cualquier efecto que pueda haberse esperado luego de la suplementación pudo haber sido contrarrestado. Alternativamente, la dosis de creatina administrada a los sujetos (2 g de creatina por día) fue relativamente baja en comparación a la administrada en otros estudios, y pudo no haber sido suficiente como para inducir una elevación en los niveles totales de Cr musculares.

Harris et al. (1992) y Greenhaff et al. (1994) indicaron que la extensión de la absorción de Cr en el músculo esta inversamente relacionada con el contenido inicial de Cr muscular del individuo. Cuanto mayor es la concentración inicial de Cr intramuscular, más difícil es provocar el incremento de las reservas (Greenhaff et al., 1994; Harris et al., 1992). Asimismo, se ha reportado que existe un límite para la cantidad de Cr que puede acumularse en los músculos (Terjung et al., 2000). Por lo tanto se puede especular que los sujetos involucrados en estos estudios hayan tenido un contenido inicial relativamente alto de Cr intramuscular, y por lo tanto la ingesta de creatina no produjo ningún beneficio.

Burke et al. (1996) sugirió la posibilidad de que el nivel muscular de PCr no fuese el factor limitante del rendimiento durante un único esprint de natación de entre 25 y 100 metros. Esto, sin embargo, es difícil de aceptar considerando el hecho de que el sistema de energía ATP-PCr es responsable del 80% de la producción de energía durante las pruebas de natación de 50 metros, y del 25% de la producción de energía durante las pruebas de natación de 100 metros (Costill et al., 1992).



| | Sujetos | Protocolo de suplementación | Protocolo de evaluación | Resultados | |
|--------------------------------|--|---|---|---|--|
| | | | | Rendimiento | Composición Corporal |
| Burke et al, 1996 | 32 (18 hombres, 14 mujeres) 17-25 años Nadadores de nivel Nacional | 5 g de monohidrato de creatina + 2 g de sucrosa o 5 g poliglucosa + 2 g sucrosa 4 x por día, 5 días Estudio Aleatorio, doble ciego | Estilo preferido 1 x 25 m esprint 1 x 50 m esprint 1 x 100 m esprint 10 min recuperación activa + 2-3 min de recuperación pasiva entre los esprints | No se observaron cambios significativos en el rendimiento en ninguna de las pruebas en ninguno de los grupos | No especificado |
| Haveneditis et al, 1996 | 21 (11 hombres, 10 mujeres), nadadores de elite | 2 periodos idénticos de suplementación, separados por 4 meses 5 g de Creatina o 5 g placebo 5 x por día, 4 días Sin aleatorización, doble ciego | Estilo no especificado Rendimiento en carrera durante un encuentro oficial Distancia no especificada | Mejora significativa en el tiempo de carrera (21%) luego del primer periodo de suplementación con creatina para el grupo experimental solamente Mejoras adicionales en el tiempo de carrera (3.0%) luego del segundo periodo de suplementación en el grupo experimental solamente. | No especificado |
| Mujika et al, 1996 | 20 (11 hombres, 9 mujeres) ~ 20 años Nadadores de nivel nacional o internacional | 5 g de monohidrato de creatina o 5 g de placebo a base de lactosa 4 x por día, 5 días Aleatorización no especificada, doble ciego | Estilo preferido Esprint 1 x 25 m Esprint 1 x 50 m Esprint 1 x 100 m 300 m de recuperación activa + 20-25 min de recuperación pasiva entre los esprints | No se observaron cambios significativos en el rendimiento en ninguna de las tres pruebas o en la suma de las tres pruebas en ninguno de los grupos Se observó una tendencia hacia la disminución del rendimiento en los esprints de 25 y 50 m en el grupo experimental | Incremento significativo en el peso corporal (1%) solo en el grupo experimental |
| Thompson et al, 1996 | 10 (mujeres) Nadadoras de nivel universitario | 2 g de creatina o 2 g placebo 1 x por día, 6 semanas Aleatorización, ciego no especificado | Esprint 1 x 100 m Esprint 1 x 400 m | No se observó un efecto significativo sobre el tiempo de nado en ninguna de las pruebas en ninguno de los grupos | Sin cambios en la masa magra corporal |
| Peyrebrune et al, 1998 | 14 (hombres) ~20-21 años Nadadores de nivel nacional | 3 g de creatina + 1.5 g maltodextrina + 1.5 g de glucosa o 6 g de glucosa 3 x por día, 5 días Aleatorización, doble ciego | Estilo preferido Esprint 1 x 50 yardas | No se observaron efectos sobre el rendimiento en ninguno de los grupos | No especificado |
| Dawson et al, 2002 | 20 (10 hombres, 10 mujeres) ~ 16 años Nadadores competitivos | Periodo de carga aguda: 5 g de monohidrato de creatina + 1 g de glucosa polimerizada o 6 g de glucosa polimerizada 4 x por día, 5 días Periodo de mantenimiento: 5 g de monohidrato de creatina o 5 g de glucosa polimerizada; 1 x por día, 22 días Aleatorización, simple ciego | Estilo libre Esprint 1 x 50 m Esprint 1 x 100 m 3 x 100 m de recuperación sobre un intervalo de partida de 1.5 min | No se observaron mejoras significativas en el rendimiento en ninguno de los grupos | Sin cambios significativos en la masa corporal Los totales de los pliegues cutáneos se redujeron en ambos grupos, pero no se observaron diferencias significativas respecto de los valores iniciales. |
| Selshy et al, 2003 | 15 (8 hombres, 7 mujeres) ~ 19 años Nadadores universitarios de la División II | Periodo de carga aguda: 0.3 g de creatina/kg de peso corporal o diferentes dosis de placebo a base de dextrosa 5 x por día, 5 días Periodo de mantenimiento: 2.25 g de creatina o diferentes dosis de dextrosa 1 x por día, 9 días Aleatorización, doble ciego | Estilo libre Esprint 1 x 50 yardas Esprint 1 x 100 yardas | Se observó una tendencia hacia una mejora del rendimiento en ambos esprints en el grupo experimental. Se observó una tendencia hacia una reducción del rendimiento en ambos esprints en el grupo placebo. | Ganancia no significativa de peso corporal dentro de los grupos. |
| Mendes et al, 2004 | 18 (12 hombres; 6 mujeres) ~ 19 años Nadadores competitivos | 5 g de creatina + 20 g CHO o 20 g CHO 4 x por día, 8 días Doble ciego, control con placebo | Esprint 1 x 50 m Esprint 1 x 100 m | No se observaron efectos sobre el rendimiento en ninguno de los grupos | Incremento significativo de la masa corporal total, de la masa magra corporal y del agua corporal solo en el grupo experimental. Sin cambios en la masa ósea o muscular. |

Tabla 1. Efecto de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en un único esprint de natación.

Asimismo, Peyerbrune et al. (1998) afirman que la tasa de reacción de la creatina quinasa responsable de la producción de ATP está parcialmente determinada por la concentración de PCr. Al comienzo del ejercicio, los niveles de PCr son altos, y por lo tanto la tasa de esta reacción estará próxima a la máxima. Consecuentemente, el incremento en la concentración de PCr más allá de los niveles normales no afectará la tasa de esta reacción, y por lo tanto el rendimiento en pruebas cortas de natación (esprints) no se vería afectado. Sin embargo, si este fuera el caso, el incremento artificial de los niveles intramusculares de PCr permitiría que la reacción de la creatina quinasa continúe a una alta tasa durante un periodo de tiempo mayor, beneficiando de esta manera el rendimiento en esprints de mayor duración.

La falta de efectos de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en un único esprint de natación podría estar relacionada con la magnitud de los cambios en el rendimiento observada luego de la suplementación. Burke et al. (1996) y Dawson et al. (2002) sugirieron que los cambios en el rendimiento en natación que ocurren como resultado de la suplementación con creatina son más pequeños que la varianza normal intra nadador durante el rendimiento de esprint, derivando de esta manera en resultados no significativos. Dawson et al. (2002) además sugirieron que debido a que los márgenes de mejora observados luego de la suplementación con creatina en nadadores son con frecuencia muy pequeños, es difícil probar la significancia estadística de los resultados a pesar de la posible significancia de los resultados deportivos.

Mujika et al. (1996) propusieron un mecanismo diferente para explicar los nulos efectos de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en un único esprint de natación. Estos autores sugirieron que la falta de mejora es causada por el incremento en el peso corporal comúnmente asociado con la carga aguda de creatina. Se ha propuesto que el incremento en el peso corporal provoca la alteración de las fuerzas hidrostáticas experimentadas entre el nadador y el agua, alterando de esta manera la mecánica de la brazada, incrementando el gasto energético y contrarrestando cualquier beneficio que de otra manera pudiera haber sido inducido por la suplementación con creatina. Sin embargo, se debería señalar que Theodorou et al. (2005) reportaron mejoras en el rendimiento en natación a pesar de que sus sujetos sufrieron ganancias de peso similares a las observadas por Mujika et al. (1996).

A pesar de la evidencia de ausencia de efectos de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en un único esprint en natación, se ha observado una tendencia hacia una mejora en el rendimiento en pruebas de esprint de 50 y 100 yardas* (Selsby et al., 2003). Aunque sus resultados no alcanzaron significancia estadística, Selsby et al. (2003) demostraron ligeros incrementos en el rendimiento en esprints de 50 y 100 yardas estilo libre en el grupo suplementado, mientras que el grupo placebo mostró una ligera reducción en el rendimiento. Los autores atribuyeron las mejoras observadas al nivel de rendimiento de los sujetos examinados. Los sujetos que participaron en este estudio tenían diferentes niveles de habilidad y de antecedentes previos en natación. Los autores sugirieron que los nadadores de menor nivel pudieron tener una mayor capacidad para incrementar sus reservas intramusculares de Cr en comparación con los nadadores de elite, cuyos niveles de Cr podrían estar en el máximo fisiológico. Si bien es posible que los nadadores de elite tuvieran un mayor contenido inicial de Cr muscular, lo cual pudo haber limitado su capacidad para elevar las reservas a través de la suplementación, los niveles musculares de Cr no fueron medidos, por lo cual no podemos estar seguros de que esto haya ocurrido. Es comúnmente aceptado que las reservas intramusculares totales de Cr no se incrementan en respuesta al entrenamiento (Burke et al., 2003; Dawson et al., 1998; Tesch et al., 1990; Volek et al., 1999), por lo cual puede ser posible que las mejoras en el rendimiento observadas por Selsby et al. (2003) se debieran a otras adaptaciones fisiológicas asociadas con el incremento de la carga de entrenamiento en atletas de sub elite.

* Nota del traductor: 1 yarda=91.44 cm.

Además de Selsby et al. (2003), Havenetidis et al. (1996) reportaron una mejora en el rendimiento de competición luego de la suplementación con creatina. Si bien podemos asumir que los hallazgos de Havenetidis et al. (1996) también respaldan los beneficios de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en un único esprint de natación, ni el estilo utilizado por los nadadores ni la distancia de carrera fueron especificados por los autores.

SUPLEMENTACION CON CREATINA Y RENDIMIENTO EN SERIES REPETIDAS DE NATACION

Aunque la suplementación con creatina parece no tener efectos sobre el rendimiento en un único esprint de natación,

existe gran evidencia para respaldar los efectos beneficiosos de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en ejercicios repetidos (Balsom et al., 1993a; Birch et al., 1994; Dawson et al., 1995; Greenhaff et al., 1993; Harris et al., 1993; Kreider et al., 1998; Vandenberghe et al., 1997). Similarmente al ciclismo y a la carrera, el rendimiento durante series repetidas de natación parece mejorar luego de la suplementación con creatina. Si bien Peyrebrune et al. (1998) no hallaron diferencias en el rendimiento entre el grupo suplementado con creatina y el grupo control durante un único esprint de 50 yardas, en la misma población de sujetos, la suplementación con creatina produjo una reducción significativa en el tiempo necesario para realizar un trabajo fraccionado de esprints de 8 x 50 yardas. Havenetidis et al. (1996), Grindstaff et al. (1997), Theodorou y Cooke (1998), y Theodorou et al. (1999) también mostraron evidencias de un efecto beneficioso de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en series repetidas de natación (ver Tabla 2).

También se han investigado los efectos sobre rendimiento en series repetidas de natación luego de una carga aguda de creatina con o sin la administración de carbohidratos (Mendes et al., 2004; Theodorou et al., 2005). Mendes et al. (2004) no hallaron mejoras en el rendimiento en series repetidas luego de la ingesta combinada de creatina y carbohidratos, sin embargo Theodorou et al. (2005) hallaron que aunque la ingesta combinada de creatina y carbohidratos produjo mejoras en el rendimiento durante series repetidas de natación, estas mejoras no fueron mayores a las alcanzadas luego de la suplementación solo con creatina (Theodorou et al., 2005). Mero et al. (2004) consideraron los efectos de la suplementación combinada de creatina y bicarbonato de sodio sobre el rendimiento en series repetidas de natación. Si bien ninguno de los grupos experimentales fue suplementado solo con creatina, la combinación de creatina y bicarbonato de sodio produjo mayores mejoras que las observadas en el grupo control al cual se le administró placebo (Mero et al., 2004).

Considerando que las series repetidas de ejercicio de corta duración estresan en gran medida el sistema de la fosfocreatina, y por un mayor período de tiempo que un único esfuerzo de esprint (Green, 1997), no es sorprendente observar mejoras en el rendimiento durante series repetidas de natación luego de la suplementación con creatina. Sin embargo, son inciertos los mecanismos detrás del efecto benéfico de la suplementación con creatina, que provocan la mejora del rendimiento en series repetidas de natación. Peyrebrune et al. (1998) sugirieron que el mecanismo asociado a la mejora del rendimiento en series repetidas de natación luego de la suplementación con creatina está relacionado con la alteración de la cinética de la creatina quinasa. Se ha especulado que la suplementación con creatina provoca el mantenimiento de la concentración intramuscular de Cr por encima del valor de Km para la reacción de la creatina quinasa. Dicha elevación en los niveles musculares de Cr tiene dos beneficios principales. Primero, la tasa de resíntesis de PCr entre los esprints se verá incrementada, lo cual resultará en un incremento en los niveles de PCr disponibles para el siguiente esfuerzo de esprint. Segundo, la elevación de la concentración intramuscular de Cr puede provocar un incremento en la capacidad de amortiguamiento en el músculo. Debido a que el proceso de resíntesis de ATP a partir del difosfato de adenosina (ADP) y PCr consume iones hidrógeno (H^+) (Greenhaff et al., 1993), la incrementada tasa de *turnover* o recambio de PCr como resultado de la mayor concentración intramuscular de Cr, derivará en el consumo de mayores cantidades de iones hidrógeno. De esta manera, esto podría incrementar la capacidad de amortiguación del músculo y retrasar la fatiga.

| | Sujetos | Protocolo de suplementación | Protocolo de evaluación | Resultados | |
|--------------------------------|---|---|--|--|---|
| | | | | Rendimiento | Composición Corporal |
| Havendits et al, 1996 | 21 (11 hombres, 10 mujeres) nadadores de elite | 2 periodos idénticos de suplementación, separados por 4 meses 5 g de Creatina o 5 g placebo 5 x por día, 4 días Sin abstinencia, doble ciego | Estilo no especificado Espirom 10 x 50 m con 1 min de pausa Espirom 8 x 100 m con 2 min de pausa Espirom 15 x 100 m con 1 min 40 s de pausa | Mejoras incrementos en el rendimiento en el grupo experimental en comparación con el grupo placebo luego del primer periodo de suplementación. Incremento adicional en el rendimiento luego del segundo periodo de suplementación solo en el grupo experimental | No especificado |
| Grindstaff et al, 1997 | 18 (7 hombres; 11 mujeres) - 15 años Nadadores amateurs competitivos de nivel regional/nacional | 21 g de monohidrato de creatina + 4.2 g de maltodextrina o 25.2 g de maltodextrina durante 9 días Abstinencia, doble ciego | Estilo libre Espirom 8 x 50 yardas con 1 min 30 s de recuperación pasiva entre los espirom | Serie 1 y 2: mejora en el rendimiento solo en el grupo experimental Serie 3: sin cambios en el rendimiento en ninguno de los grupos. Se observó una tendencia hacia la reducción del tiempo acumulado de espirom en el grupo experimental. | No se observaron diferencias significativas entre los grupos en la masa corporal total ni en el porcentaje de agua corporal. Los cambios en la masa libre de grasa tendieron a ser mayores en el grupo experimental. Los cambios en la masa grasa y en el porcentaje de grasa corporal tendieron a ser menores en el grupo experimental. |
| Peyrebrune et al, 1998 | 14 (hombres) -20-21 años Nadadores de nivel nacional | 3 g de creatina + 1.5 g de maltodextrina + 1.5 g de glucosa o 6 g de glucosa 3 x por día, 5 días Abstinencia, doble ciego | Estilo preferido Espirom 8 x 50 yardas con 1 min 30 s de pausa | Se observaron reducciones significativas en el tiempo de nado acumulado (2%) en el grupo experimental | No especificado |
| Theodorou y Cooke, 1998 | 12 (8 hombres, 4 mujeres) - 17 años Nadadores de elite | Periodo de carga agua: 5 g de creatina 5 x por día, 4 días Periodo de mantenimiento: 5 g de creatina o 5 g de placebo 1 x por día, 8 semanas Abstinencia, ciego no especificado | Estilo no especificado Espirom 10 x 50 m, 60 s de nado para la recuperación Espirom 8 x 100, 2 min de nado para la recuperación | Mejoras significativas en el tiempo medio de nado (2%) luego del periodo de carga agua No se observaron diferencias significativas en el tiempo medio de nado entre las pruebas post periodo de carga agua y las pruebas realizadas al finalizar los 2 meses | No especificado |
| Leenders et al, 1999 | 32 (18 hombres, 14 mujeres) - 19 años Nadadores competitivos de nivel universitario | Periodo de carga agua: 4 x 5 g de creatina disueltos en 150 ml de solución de maltodextrina al 6% o 150 ml de solución de maltodextrina al 6% 4 x por día, 6 días Periodo de mantenimiento: 5 g de creatina disueltos en 150 ml de solución de maltodextrina al 6% o 150 ml de solución de maltodextrina al 6% 2 x por día, 7 días Abstinencia, doble ciego | Estilo preferido Espirom 6 x 50 m con pausas de 3 min Espirom 10 x 25 yardas con pausas de 60 s | Mejoras significativas en la velocidad (2%) en las series de 6 x 50 m solamente en los hombres, luego de la suplementación con creatina. No se observaron mejoras en la velocidad durante las series de 10 x 25 yardas ni en los hombres ni en las mujeres luego de la suplementación con creatina | No se observaron cambios significativos en la masa corporal, masa libre de grasa ni en el porcentaje de grasa corporal. |
| Leenders et al, 1999 | 32 (18 hombres, 14 mujeres) - 19 años Nadadores competitivos de nivel universitario | Periodo de carga agua: 4 x 5 g de creatina disueltos en 150 ml de solución de maltodextrina al 6% o 150 ml de solución de maltodextrina al 6% 4 x por día, 6 días Periodo de mantenimiento: 5 g de creatina por día disueltos en 150 ml de solución de maltodextrina al 6% o 150 ml de solución de maltodextrina al 6% 2 x por día, 7 días Abstinencia, doble ciego | Estilo preferido Espirom 6 x 50 m con pausas de 3 min Espirom 10 x 25 yardas con pausas de 60 s | Mejoras significativas en la velocidad (2%) en las series de 6 x 50 m solamente en los hombres, luego de la suplementación con creatina. No se observaron mejoras en la velocidad durante las series de 10 x 25 yardas ni en los hombres ni en las mujeres luego de la suplementación con creatina | No se observaron cambios significativos en la masa corporal, masa libre de grasa ni en el porcentaje de grasa corporal. |
| Theodorou et al, 1999 | 22 (12 hombres, 10 mujeres) - 19 años Nadadores de nivel nacional | Periodo de carga agua: 5 g de monohidrato de creatina 5 x por día, 4 días Periodo de mantenimiento: 5 g de monohidrato de creatina o 5 g de polidextrosa 4000 1 x por día, 8 semanas Abstinencia, ciego no especificado | Estilo no especificado Espirom 10 x 50 m, 60 segundos de nado para la recuperación Espirom 8 x 100 m, 2 min de nado para la recuperación Espirom 15 x 100 m, 2 min de nado para la recuperación | Se observaron mejoras significativas en el tiempo medio de nado (1.5%) luego del periodo de carga agua. No se observaron diferencias significativas en el tiempo de nado entre las pruebas post periodo de carga agua y las pruebas realizadas al finalizar los 2 meses del periodo de mantenimiento en ninguno de los dos grupos | Incremento significativo en la masa corporal (0.6%) luego de la carga agua con creatina |
| Mendes et al, 2004 | 18 (12 hombres; 6 mujeres) - 19 años Nadadores competitivos | 5 g de creatina + 20 g CHO o 20 g CHO 4 x por día, 8 días Doble ciego, control con placebo | Estilo preferido Espirom 3 x 3 x 50 m con 30 segundos de pausa entre los espirom 150 segundos de pausa entre las series | No se observaron efectos sobre el rendimiento en ninguno de los grupos | Incremento significativo de la masa corporal total, de la masa magra corporal y del agua corporal solo en el grupo experimental. Sin cambios en la masa ósea o muscular. |
| Mero et al, 2004 | 16 (8 hombres, 8 mujeres) - 17-18 años Nadadores de nivel nacional | 5 g de creatina o 5 g de maltodextrina 4 x por día, 6 días 0.3 g de maltodextrina o 0.3 g de bicarbonato de sodio por kg de peso corporal el día de las evaluaciones | Estilo libre Espirom 2 x 100 m con 10 min de recuperación pasiva entre los espirom | El incremento en el tiempo de nado entre los espirom fue mayor en el grupo placebo que en el grupo que ingirió la combinación de creatina y bicarbonato de sodio | No se observaron cambios significativos en el peso corporal o en el porcentaje de grasa corporal |
| Theodorou et al, 2005 | 10 (6 hombres, 4 mujeres) - 17-18 años Nadadores de alto rendimiento | 5 g de creatina o 5 g de creatina + 500 ml de jugo de glucosa 5 x por día, 4 días Abstinencia, ciego no especificado | Estilo preferido Espirom 10 x 50 m, 60 segundos de nado para la recuperación Espirom 8 x 100 m, 2 min de nado para la recuperación | Se observaron mejoras significativas en la velocidad de nado en ambos grupos (2% en el grupo que consumió solo Cr, 0.7% en el grupo Cr + CHO). No se observaron diferencias significativas en la magnitud de la mejora entre los grupos. | La mayoría de los medidores ganaron peso. La ganancia media de peso fue mayor en el grupo que consumió creatina + carbohidratos que en el grupo que solo consumió creatina. Se hallaron correlaciones significativas y positivas entre el incremento en la velocidad media y el incremento en la masa corporal media solo en el grupo que consumió creatina y carbohidratos |

Tabla 2. Efecto de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en series repetidas de natación.

Grindstaff et al. (1997) sugirieron que la combinación de un aumento de la capacidad para tolerar el entrenamiento, para mantener la velocidad durante los sprints y una mayor capacidad de recuperación luego de la realización de los sprints, probablemente sean los factores responsables de las mejoras observadas durante la realización de series repetidas de natación luego de la suplementación con creatina. Aparentemente, aun no están definidas las bases fisiológicas detrás de la mejora en el rendimiento en series repetidas de natación luego de la suplementación con creatina, y la mayoría de los investigadores no tienen claro porque dicho efecto puede ser observado.

Es posible que la mejora en el rendimiento aparente durante la realización de sprints repetidos pueda ser resultado de una interacción entre el metabolismo oxidativo y el sistema de la PCr. Existe evidencia bioquímica (Walsh et al., 2001) para sugerir que a través de la compartimentalización metabólica de la creatina quinasa, la vía de la PCr-Cr interactúa tanto con el metabolismo aeróbico como con el anaeróbico (Havenetidis, 2005). Además, los sprints repetidos de ciclismo utilizan una mayor proporción de energía aeróbica que los sprints individuales (Bogdanis et al., 1996). Es posible, que el metabolismo aeróbico sea mejorado a través de la utilización de protocolos de sprints repetidos conjuntamente con (Havenetidis, 2005) o independientemente de (Burgomaster et al., 2005) de la suplementación con creatina.

Aunque la evidencia de un efecto benéfico de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en esfuerzos máximos repetidos parece convincente, Leenders et al. (1999) obtuvieron resultados que contrastan con esta proposición. Leenders et al. (1999) no hallaron cambios en la velocidad promedio durante la repetición de 10 series de 25 yardas (22,86 m) de natación luego de la suplementación con creatina. Los autores propusieron que esto probablemente se debió al corto período de recuperación entre los sprints, el cual pudo ser insuficiente como para reponer adecuadamente las reservas de PCr. Interesantemente, en los mismos sujetos, los efectos de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en series de 6 x 50 metros fueron diferentes cuando se consideró el sexo. La velocidad promedio durante las series de natación se incrementó en los hombres luego de la suplementación con creatina, pero el mismo régimen de suplementación falló en inducir dichos incrementos en las mujeres nadadoras. Esto puede sugerir un efecto relativo del sexo en respuesta a la suplementación con creatina, lo cual nos lleva a considerar el sexo como una limitación potencial de los efectos de la suplementación con creatina sobre la mejora del rendimiento en natación (ver más abajo)

SUPLEMENTACION CON CREATINA Y DESARROLLO DE LA POTENCIA EN NADADORES

Varios estudios que han examinado la suplementación con creatina y el rendimiento en natación han también examinado la relación entre la suplementación con creatina y el desarrollo de la potencia. Las mediciones de la potencia más comúnmente utilizadas para determinar los efectos de la suplementación con creatina sobre el desarrollo de la potencia incluyen la medición del trabajo total realizado, la producción media de potencia, la producción pico de potencia y el tiempo necesario para alcanzar el pico de producción de potencia. Las investigaciones muestran que dichas mediciones de la potencia están altamente correlacionadas con el rendimiento en sprints de natación, con las mejoras en la producción media de potencia y en el trabajo total realizado resultantes de cuatro semanas de un programa de entrenamiento de la fuerza transferidas a reducciones significativas en el tiempo necesario para completar un único sprint de natación (Sharp et al., 1982). Por lo tanto, es razonable considerar a los cambios en la producción de potencia, medidos en cicloergómetro o en un ergómetro para natación, como indicadores relevantes de las mejoras en el rendimiento en natación luego de la suplementación con creatina.

Uno de los primeros estudios en examinar el desarrollo de la potencia en nadadores utilizó un test en cicloergómetro para determinar el trabajo realizado y el pico de producción de potencia (Burke et al., 1996), mientras que los estudios más recientes han evaluado la producción de potencia utilizando un banco biocinético de natación (Dawson et al., 2002; Grindstaff et al., 1997). El banco de natación es un ergómetro que se utiliza fuera del agua y que requiere que el sujeto se coloque en posición de decúbito prono, con sus brazos extendidos sujetando las agarraderas adosadas a una rueda, frenada mediante un sistema hidráulico que utiliza aire como fluido, mediante un sistema de poleas. Las piernas de los sujetos se sujetan mediante correas, y estos ejecutan su estilo de natación como si estuvieran en el agua. La producción de potencia y el trabajo total son valorados continuamente mediante una computadora vinculada a la rueda. En la Tabla 3 se muestran los detalles de los estudios que han examinado el efecto de la suplementación con creatina sobre el desarrollo de la potencia en nadadores.

Los tests para la medición de la potencia utilizando un cicloergómetro, muestran que la suplementación con creatina no tiene efectos sobre el desarrollo de la potencia en nadadores de nivel nacional. Burke et al. (1996) no observaron cambios en el trabajo realizado, en la producción pico de potencia o en el tiempo para alcanzar el pico de potencia en el cicloergómetro luego de la suplementación con creatina. Es posible que no se hayan observado efectos debido a que el test en cicloergómetro utilizado no es específico de la natación. Los autores argumentaron que el test en cicloergómetro requiere de la utilización de grupos musculares no entrenados en esta población, y que el test llevado a cabo fue de una duración menor que incluso el esprint más rápido en natación. Sin embargo, cuando los tests se llevan a cabo en un banco de natación, la suplementación con creatina parece de hecho morar el desarrollo de la potencia. Grindstaff et al. (1997) hallaron que la suplementación con creatina produjo mayores incrementos en el trabajo total realizado durante tres esfuerzos de esprint máximo en el banco de natación en comparación con el grupo control.

| | Sujetos | Protocolo de suplementación | Protocolo de evaluación | Resultados |
|-------------------------------|---|---|--|--|
| Burke et al, 1996 | 32 (18 hombres, 14 mujeres) 17-25 años Nadadores de nivel Nacional | 5 g de monohidrato de creatina + 2 g de sucrosa o 5 g poliglucosa + 2 g sucrosa 4 x por día, 5 días Aleatorización, doble ciego | Ciclo ergómetro 2 esfuerzos de esprint máximos de 10 s de duración con 10 min de recuperación entre los esprints | No se observaron diferencias entre las pruebas o entre los grupos respecto del trabajo realizado, el pico de potencia o en el tiempo para alcanzar el pico de potencia |
| Grindstaff et al, 1997 | 18 (7 hombres; 11 mujeres) ~ 15 años Nadadores amateurs competitivos de nivel regional/nacional | 21 g de monohidrato de creatina + 4.2 g de maltode xtrina o 25.2 g de maltode xtrina durante 9 días Aleatorización, doble ciego | Banco de natación 3 esfuerzos de esprint máximos de 20 s de duración con 60 segundos de recuperación entre los esprints | Se observaron mayores cambios globales en el trabajo realizado por el grupo experimental en comparación con el grupo placebo. Se observó un incremento significativo en el trabajo realizado solamente en el esprint 1 (7.8%) y solo en el grupo experimental. No se observaron diferencias significativas en la producción pico de potencia entre las pruebas o entre los grupos. |
| Dawson et al, 2002 | 20 (10 hombres, 10 mujeres) ~ 16 años Nadadores competitivos | Período de carga aguda: 5 g de monohidrato de creatina + 1 g de glucosa polimerizada o 6 g de glucosa polimerizada 4 x por día, 5 días Período de mantenimiento: 5 g de monohidrato de creatina o 5 g de glucosa polimerizada; 1 x por día, 22 días Aleatorización, simple ciego | Banco de natación 2 esfuerzos de esprint máximo de 30 s de duración con 10 min de recuperación entre los esprints | Se observaron incrementos significativamente mayores en el trabajo total realizado por el grupo experimental (7.5%) en comparación con el grupo placebo (2.0%) |

Tabla 3. Efecto de la suplementación con creatina sobre el desarrollo de la potencia en nadadores.

El pico de potencia no fue afectado por la suplementación con creatina, pero el trabajo realizado y la producción total de potencia durante el primero de los tres esprints fue significativamente mayor luego de la suplementación con creatina. Se debería señalar que este efecto se disipó en los esprints dos y tres del test, derivando en diferencias no significativas en la potencia media cuando los tres esprints se consideraron como un todo. Los autores sugirieron dos posibles explicaciones para esta disipación. Podría ser que el efecto ergogénico de la suplementación con creatina pudiera durar solo para el esprint inicial en oposición a lo descrito para la realización de series repetidas, sin embargo, la evidencia disponible acerca de los beneficios de la suplementación con creatina respecto del rendimiento en natación establece que en general el rendimiento durante un único esprint no es afectado por la suplementación con creatina (Burke et al., 1996; Dawson et al., 2002; Mujika et al., 1996; Peyrebrune et al., 1998; Thompson et al., 1996). Alternativamente, períodos de recuperación mayores a los seis minutos han mostrado proveer un potencial de transferencia de los fosfatos más eficiente (Havenetidis, 2005). Por lo tanto, el período de recuperación de sesenta segundos utilizado entre los esprints en el protocolo de evaluación podría haber sido demasiado corto como para facilitar la adecuada recuperación de las reservas de PCr, a pesar

de cualquier incremento en la concentración intramuscular de PCr que pudiera haber sido inducida durante el período de suplementación.

Los resultados de Grindstaff et al. (1997) son respaldados por los resultados obtenidos por Dawson et al. (2002), quienes hallaron que la suplementación con creatina provocó incrementos significativos en la producción de trabajo anaeróbico medido en un banco de natación. Interesantemente, los incrementos en el trabajo realizado durante series repetidas en el banco de natación se produjeron sin un incremento concurrente en el rendimiento durante un único esprint de natación. Estos hallazgos respaldan la noción de que la suplementación con creatina es beneficiosa para mejorar el rendimiento durante series repetidas de ejercicios de alta intensidad, pero no durante un único esfuerzo de esprint.

LIMITACIONES DE LAS INVESTIGACIONES PREVIAS

Si bien las investigaciones sugieren que la suplementación con creatina puede ser beneficiosa para el rendimiento en series repetidas de natación, pero no durante un único esfuerzo de esprint, la literatura específica presenta mucha inconsistencia y ambigüedad. Existen varias limitaciones de las investigaciones acerca del rendimiento general en natación. Estas limitaciones incluyen factores, tales como la longitud de la piscina en la cual son llevadas a cabo las evaluaciones (25 metros o 50 metros), la longitud de los sprints incorporados dentro del protocolo de evaluación (25 yardas (22,86 m), 50 yardas (45,72 m), 50 metros o 100 metros), la fase de la temporada de natación en la que son llevadas a cabo las evaluaciones, y los efectos de la puesta a punto sobre el rendimiento durante las evaluaciones. Con respecto a los efectos de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en natación hay, sin embargo, tres limitaciones específicas de las investigaciones actuales.

Además de la ausencia de una medición directa de los niveles intramusculares de Cr (como se ha mencionado previamente), dos limitaciones adicionales respecto del diseño del estudio son particularmente aparentes. Estas son el efecto del sexo sobre la respuesta a la suplementación con creatina, y el efecto de la suplementación con creatina sobre los diferentes estilos competitivos en la natación. Las investigaciones adicionales en estas dos áreas son esenciales para investigar el completo potencial de la suplementación con creatina para mejorar el rendimiento en la natación.

EFFECTO DEL SEXO SOBRE LA RESPUESTA A LA SUPLEMENTACION CON CREATINA

El efecto del sexo sobre la capacidad de un atleta para mejorar el rendimiento luego de la suplementación con creatina es un área de mucha discusión. Se ha especulado que las mujeres tienen mayores niveles endógenos de Cr muscular en comparación con los hombres (Forsberg et al., 1991) y por lo tanto responden menos favorablemente a la suplementación con creatina exógena (Harris et al., 1992). Asimismo, durante la realización de ejercicios repetidos de alta intensidad, la contribución anaeróbica al trabajo realizado es un 35% menor en las mujeres que en los hombres (Hill and Smith, 1993). Considerando esto, se podría plantear la hipótesis acerca de que las mujeres tienen una menor capacidad para mejorar el rendimiento en ejercicios repetidos de alta intensidad luego de la suplementación con creatina en comparación con los hombres. Sin embargo, a pesar de esto, la mayoría de la evidencia sugiere que el sexo no es un factor determinante respecto de si la suplementación con creatina es o no efectiva para la mejora del rendimiento (Harris et al., 1992; Tarnopolsky, 2000; Tarnopolsky and MacLennan, 2000; Rawson and Volek, 2003; Vandenberghe et al., 1997). Con excepción de Leenders et al. (1999), las investigaciones acerca de la suplementación con creatina y el rendimiento en series repetidas de natación indican que el sexo no parece tener algún tipo de efecto respecto de la magnitud de las mejoras en el rendimiento observadas luego de la suplementación con creatina (Burke et al., 1996; Dawson et al., 2002; Grindstaff et al., 1997; Havenetidis et al., 1996; Mendes et al., 2004; Mujika et al., 1996; Selsby et al., 2003; Theodorou and Cooke, 1998; Theodorou et al., 1999). En el estudio llevado a cabo por Leenders et al. (1999), se halló un incremento en la velocidad durante la repetición de 6 series de 50 m de natación en los hombres luego de la suplementación con creatina, lo cual no fue observado en las mujeres. Debido a que los datos disponibles acerca de los beneficios de la suplementación con creatina en mujeres atletas es limitada, no es posible determinar si la falta de mejoras en el rendimiento en las mujeres estudiadas por Leenders et al. (1999) se debió a un mecanismo fisiológico tal como el descrito previamente por Hill y Smith (1993) o a algún otro factor. Es necesario que se lleven a cabo investigaciones adicionales respecto de los efectos relativos al sexo de la suplementación con creatina sobre el rendimiento durante el ejercicio con deportistas de elite.

EFEECTO DE LA SUPLEMENTACION CON CREATINA SOBRE EL RENDIMIENTO EN LOS DIFERENTES ESTILOS COMPETITIVOS DE LA NATACION

Otra de las principales limitaciones de las investigaciones que han examinado los efectos de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en natación se relaciona con el estudio de los diferentes estilos competitivos de la natación (estilo libre, espalda, pecho y mariposa). Ninguno de los estudios llevados a cabo hasta la fecha ha considerado el efecto del estilo de nado sobre la magnitud de la mejora del rendimiento luego de un régimen de suplementación con creatina. Reconociendo que los nadadores con frecuencia se especializan en un estilo en particular o en una distancia en particular, en varios estudios se ha permitido que los sujetos lleven a cabo los protocolos de evaluación utilizando su estilo preferido, ya sea estilo libre, espalda, pecho o mariposa (Burke et al., 1996, Leenders et al., 1999, Mendes et al., 2004). Sin embargo, durante el análisis de los resultados, todos los nadadores han sido agrupados sin tener en cuenta el estilo de nado utilizado durante los procedimientos de evaluación. Otros estudios han evaluado el rendimiento utilizando solo el estilo libre (Dawson et al., 2002; Grindstaff et al., 1997; Selsby et al., 2003; Thompson et al., 1996). Considerando que existe evidencia disponible como para sugerir diferencias considerables en la eficiencia entre los estilos de nado, es sorprendente que no se hayan llevado a cabo comparaciones entre los estilos de nado respecto del efecto de la suplementación con creatina sobre el rendimiento.

Costill et al. (1992) han indicado que las diferencias biomecánicas entre el estilo pecho y los otros estilos competitivos en la natación es mayor que la observada entre otros dos estilos cualesquiera. Como consecuencia, los nadadores que utilizan el estilo pecho gastan más energía para acelerar sus cuerpos con cada brazada, lo cual resulta en demandas energéticas mucho mayores que las requeridas en el estilo libre. A pesar de que el estilo libre y el estilo mariposa son biomecánicamente más similares que cualquiera de los otros dos estilos competitivos de la natación (Costill et al., 1992), el estilo mariposa es el segundo estilo menos eficiente respecto de los otros estilos, siendo el gasto energético con la utilización de los estilos mariposa y pecho casi dos veces mayor que el observado con la utilización del estilo libre y espalda (Holmer, 1983). Holmer (1972) y Toussaint y Hollander (1994) han propuesto que esta gran diferencia en el gasto energético es resultado de las marcadas aceleraciones y desaceleraciones que se producen con cada ciclo de brazada.

Considerando el rol de la suplementación con creatina respecto de la elevación de las reservas intramusculares de PCr, el mantenimiento de la producción de ATP durante la contracción muscular, y el incremento en la tasa de resíntesis de ATP durante la recuperación, es probable que la suplementación con creatina provoque ciertos beneficios respecto del rendimiento en series repetidas de natación. Como resultado de las mayores demandas energéticas de los estilos pecho y mariposa, los potenciales beneficios asociados con la suplementación con creatina sobre el rendimiento en natación podrían ser mayores en los estilos mariposa y pecho cuando se los compara con el comúnmente examinado estilo libre.

CONCLUSIONES

La suplementación con creatina y el rendimiento en natación no ha recibido la misma atención que otros deportes tales como el ciclismo. Las investigaciones parecen tener ciertas limitaciones tales como la ausencia de una medición directa de los niveles musculares de creatina, los posibles efectos del sexo y la tendencia a concentrarse solamente en el estilo libre de nado. Sin embargo, aparentemente la suplementación con creatina tendría potenciales beneficios sobre el rendimiento en series repetidas de natación.

Puntos Clave

- La suplementación con creatina no mejora el rendimiento durante la realización de un único esprint de natación
- La suplementación con creatina mejora el rendimiento durante la realización de series repetidas de natación
- La suplementación con creatina mejora el desarrollo de la potencia en los nadadores cuando esta se mide en un banco de natación
- Como resultado de las altas demandas energéticas de los estilos pecho y mariposa, los potenciales beneficios asociados con la suplementación con creatina sobre el rendimiento en natación podrían ser mayores en los estilos mariposa y pecho cuando se los compara con el comúnmente examinado estilo libre

Dirección para el Envío de Correspondencia

REFERENCIAS

1. Balsom, P.D., Ekblom, B., Soderlund, K., Sjodin, B. and Hultman, E (1993). Creatine supplementation and dynamic high-intensity intermittent exercise. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 3, 143-149
2. Balsom, P.D., Harridge, S.D.R., Soderlund, K., Sjodin, B. and Ekblom, B (1993). Creatine supplementation per se does not enhance endurance exercise performance. *Acta Physiologica Scandinavica* 149, 521-523
3. Balsom, P.D., Soderlund, K., Sjodin, B. and Ekblom, B (1995). Skeletal muscle metabolism during short duration high-intensity exercise: influence of creatine supplementation. *Acta Physiologica. Scandinavica* 154, 303-310
4. Birch, R., Noble, D. and Greenhaff, P.L (1994). The influence of dietary creatine supplementation on performance during repeated bouts of maximal isokinetic cycling in man. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 69, 268-270
5. Bogdanis, G.C., Nevill, M.E., Boobis, L.H. and Lakomy, H.K.A (1996). Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *Journal of Applied Physiology* 80(3), 876-894
6. Burgomaster, K.A., Hughes, S.C., Heigenhauser, G.J.F., Bradwell, S.N. and Gibala, M.J (2005). Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *Journal of Applied Physiology* 98, 1985- 1990
7. Burke, L.M., Pyne, D.B. and Telford, R.D (1996). Effect of oral creatine supplementation on single effort sprint performance in elite swimmers. *International Journal of Sport Nutrition* 6, 222- 233
8. Burke, D.G., Chilibeck, P.D., Parise, G., Candow, D.G., Mahoney, D. and Tarnopolsky, M (2003). Effect of creatine and weight training on muscle creatine and performance in vegetarians. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 35, 1946-1955
9. Costill, D.L., Maglischo, E.W. and Richardson, A.B (1992). Swimming. *Blackwell Scientific Publications, Oxford*
10. Dawson, B., Cutler, M., Moody, A., Lawrence, S., Goodman, C. and Randall, N (1995). Effects of oral creatine loading on single and repeated maximal short sprints. *The Australian Journal of Science and Medicine in Sport* 27(3), 56-61
11. Dawson, B., Fitzsimons, M., Green, S., Goodman, C., Carey, M. and Cole, K (1998). Changes in performance, muscle metabolites, enzymes and fibre types after short sprint training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 78(2), 163-169
12. Dawson, B., Vladich, T. and Blanksby, B.A (2002). Effects of 4 weeks of creatine supplementation in junior swimmers on freestyle sprint and swim bench performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 16, 485-490
13. Engelhardt, M., Neumann, G., Berbalk, A. and Reuter, I (1998). Creatine supplementation in endurance sports. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30, 1123-1129
14. Forsberg, A.M., Nilsson, E., Werneman, J., Bergstrom, J. and Hultman, E (1991). Muscle composition in relation to age and sex. *Clinical Science* 81, 249-256
15. Green, H.J (1997). Mechanisms of muscle fatigue in intense exercise. *Journal of Sports Sciences* 15, 247-256
16. Greenhaff, P.L., Casey, A., Short, A.H., Harris, R., Soderlund, K. and Hultman, E (1993). Influence of oral creatine supplementation of muscle torque during repeated bouts of maximal voluntary exercise in man. *Clinical Science* 84, 565-571
17. Greenhaff, P.L., Bodin, K., Soderlund, K. and Hultman, E (1994). Effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis. *American Journal of Physiology* 226, E725-E730
18. Grindstaff, P.D., Kreider, R., Bishop, R., Wilson, M., Wood, L., Alexander, C. and Almada, A (1997). Effects of creatine supplementation on repetitive sprint performance and body composition in competitive swimmers. *International Journal of Sport Nutrition* 7, 330-346
19. Harris, R.C., Soderlund, K. and Hultman, E (1992). Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clinical Science* 83, 367-374
20. Harris, R.C., Viru, M., Greenhaff, P.L. and Hultman, E (1993). The effect of oral creatine supplementation on running performance during maximal short ter exercise in man. *Journal of Physiology* 467, 74P
21. Havenetidis, K., Cooke, C., King, R. and Denison, T (1996). Repeated creatine supplementation and swimming performance. *Abstracts of the 1st Annual Congress of the European College of Sport Science*, 566-567
22. Havenetidis, K (2005). Assessment of the ergogenic properties of creatine using an intermittent exercise protocol. *Journal of Exercise Physiology Online* 8, 26-33
23. Hill, D.W. and Smith, J.C (1993). Gender difference in anaerobic capacity: role of aerobic contribution. *British Journal of Sports Medicine*, 27(1), 45-48
24. Holmer, I (1972). Oxygen uptake during swimming in man. *Journal of Applied Physiology* 33, 502-509
25. Holmer, I (1983). Energetics and mechanical work in swimming. In: *Biomechanics and Medicine in Swimming. Vol. 14. Eds: Hollander, A.P., Huijing, P.A. and de Groot, G. Human Kinetics Publishers, Inc*
26. Kirksey, B., Stone, M.H., Warren, B.J., Johnson, R.L., Stone, M., Haff, G.G., Williams, F.E. and Proulx, C (1999). The effects of 6 weeks of creatine monohydrate supplementation on performance measures and body composition in collegiate track and field athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research* 13, 148-156
27. Kreider, R.B., Ferreira, M., Wilson, M., Grindstaff, P., Plisk, S., Reinardy, J., Cantler, E. and Almada, A (1998). Effects of creatine supplementation on body composition, strength and sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30,

28. Leenders, N., Sherman, W.M., Lamb, D.R. and Nelson, T. E (1999). Creatine supplementation and swimming performance. *International Journal of Sport Nutrition* 9, 252-262
29. Mendes, R.R., Pires, I., Oliveira, A. and Tirapegui, J (2004). Effects of creatine supplementation on the performance and body composition of competitive swimmers. *Journal of Nutritional Biochemistry* 15, 473-478
30. Mero, A.A., Keskinen, K.L., Malvela, M.T. and Sallinen, J.M (2004). Combined creatine and sodium bicarbonate supplementation enhances interval swimming. *Journal of Strength and Conditioning Research* 18, 306-310
31. Mihic, S., MacDonald, J.R., McKenzie, S. and Tarnopolsky, M.A (2000). Acute creatine loading 33. increases fat-free mass, but does not affect blood pressure, plasma creatine, or CK activity in men and women. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 32, 291-296
32. Mujika, I., Chatard, J.C., Lacoste, L. and Barale, F (1996). Creatine supplementation does not improve sprint performance in competitive swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 28, 1435-1441
33. Mujika, I. and Padilla, S (1997). Creatine supplementation as an ergogenic aid for sports performance in highly trained athletes: A critical review. *International Journal of Sports Medicine*; 18, 491-496
34. Odland, L.M., MacDougall, J.D., Tarnopolsky, M.A., Elorriaga, A. and Borgmann, A (1997). Effect of oral creatine supplementation on muscle [PCr] and short-term maximum power output. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 29, 216-219
35. Peeters, B.M., Lantz, C.D. and Mayhew, J.L (1999). Effect of oral creatine supplementation and creatine phosphate supplementation on maximal strength indices, body composition and blood pressure. *Journal of Strength and Conditioning Research* 13, 3-9
36. Peyrebrune, M.C., Nevill, M.E., Donaldson, F.J. and Cosford, D.J (1998). The effects of oral creatine supplementation on performance in single and repeated sprint swimming. *Journal of Sport Sciences* 16, 271-279
37. Rawson, E.S. and Volek, J.S (2003). Effects of creatine supplementation and resistance training on muscle strength and weightlifting performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 17, 822-831
38. Schilling, B.K., Stone, M.H., Utter, A., Kearney, J.T., Johnson, M., Coglianese, R., Smith, L., O'Bryant, H.S., Fry, A.C., Starks, M., Keith, R. and Stone, M.E (2001). Creatine supplementation and health variables: a retrospective study. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33, 183-188
39. Selsby, J.T., Beckett, K.D., Kern, M. and Devor, S.D (2003). Swim performance following creatine supplementation in division III athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research* 17, 421-424
40. Sharp, R.L., Troup, J.P. and Costill, D.L (1982). Relationship between power and sprint freestyle swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 14, 53-56
41. Snow, R.J., McKenna, M.J., Selig, S.E., Kemp, J., Stathis, C.G. and Zhao, S (1998). Effect of creatine supplementation on sprint exercise performance and muscle metabolism. *Journal of Applied Physiology* 84, 1667-1673
42. Stone, M.H., Sanborn, K., Smith, L.L., O'Bryant, H.S., Hoke, T., Utter, A.C., Johnson, R.L., Boros, R., Hruby, J., Pierce, K.C., Stone, M.E. and Garner, B (1999). Effects of in-season (5 weeks) creatine and pyruvate supplementation on anaerobic performance and body composition in American football players. *International Journal of Sport Nutrition* 9, 146-165
43. Stroud, M.A., Holliman, D., Bell, D., Green, A.L. and MacDonald, I.A (1994). Effect of oral creatine supplementation on respiratory gas exchange and blood lactate accumulation during steady-state incremental treadmill exercise and recovery in man. *Clinical Science* 87, 707-710
44. Tarnopolsky, M.A (2000). Gender differences in metabolism: Nutrition and supplements. *Journal of Science and Medicine in Sport* 3, 287-298
45. Tarnopolsky, M.A. and MacLennan, D.P (2000). Creatine monohydrate supplementation enhances highintensity exercise performance in males and females. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 10, 452-463
46. Terjung, R.L., Clarkson, P., Eichner, E.R., Greenhaff, P. L., Hespel, P.J., Israel, R.G., Kraemer, W.J., Meyer, R.A., Spriet, L.L., Tarnopolsky, M.A., Wagenmakers, A.J.M. and Williams, M. (2000). The American College of Sports Medicine Roundtable: The physiological and health effects of oral creatine supplementation. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 32, 706-717
47. Tesch, P.A., Thorsson, A. and Colliander, E.B (1990). Effects of eccentric and concentric resistance exercise training on skeletal muscle substrates, enzyme activities and capillary supply. *Acta Physiologica Scandinavica* 140, 575-580
48. Theodorou, A.S. and Cooke, C.B (1998). Effect of longterm creatine supplementation on elite swimming performance. *Journal of Sport Sciences* 16, 62
49. Theodorou, A.S., Cooke, C.B., King, R.F.G.J., Hood, C., Denison, T., Wainwright, B.G. and Havenetidis, K (1999). The effect of longer-term creatine supplementation on elite swimming performance after an acute creatine loading. *Journal of Sport Sciences* 17, 853-859
50. Theodorou, A.S., Havenetidis, K., Zanker, C.L., O'Hara, J.P., King, R.F.G.J., Hood, C., Paradisis, G. and Cooke, C.B (2005). Effects of acute creatine loading with or without carbohydrate on repeated bouts of maximal swimming in high-performance swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research* 19, 265-269
51. Thompson, C.H., Kemp, G.J., Sanderson, A.L., Dixon, R.M., Styles, P., Taylor, D.J. and Radda, G.K (1996). Effect of creatine on aerobic and anaerobic metabolism in skeletal muscle in swimmers. *British Journal of Sports Medicine* 30, 222-225
52. Toussaint, H.M. and Hollander, A.P (1994). Energetics of competitive swimming. *Sports Medicine* 18, 384-405
53. van Loon, L.J.C., Oosterlaar, A.M., Hartgens, F., Hesselink, M.K.C., Snow, R.J. and Wagenmakers, A.J.M (2003). Effects of creatine loading and prolonged creatine supplementation on body composition, fuel selection, sprint and endurance performance in humans. *Clinical Science* 104, 153-162
54. Vandebuerie, F., Vanden Eynde, B., Vandenberghe, K. and Hespel, P (1998). Effect of creatine loading on endurance capacity and sprint power in cyclists. *International Journal of Sports Medicine* 19, 490-495
55. Vandenberghe, K., Goris, M., Van Hecke, P., Van Leemputte, M., Vangerven, L. and Hespel, P (1997). Long-term creatine intake is beneficial to muscle performance during resistance training. *Journal of Applied Physiology* 83, 2055-2063

56. Volek, J.S., Duncan, N.D., Mazzetti, S.A., Staron, R.S., Putukian, M., Gomez, A.L., Pearson, D.R., Fink, W.J. and Kraemer, W.J (1999). Performance and muscle fiber adaptations to creatine supplementation and heavy resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 31, 1147-1156
57. Walsh, B., Tonkonogi, M., Soderlund, K., Hultman, E., Saks, V. and Sahlin, K (2001). The role of phosphorylcreatine and creatine in the regulation of mitochondrial respiration in human skeletal muscle. *Journal of Physiology* 537, 971-978

Cita Original

Hopwood Melissa J., Kenneth Graham and Kieron B. Rooney. Creatine Supplementation and Swim Performance: A Brief Review. *Journal of Sports Science and Medicine*; 5, 10-24, 2006.