Revision of Literature

Efecto de la Suplementación con Beta-Alanina Sobre el Rendimiento Neuromuscular. Una Revisión

Effect of Supplementation with Beta-Alanine on Neuromuscular Performance. A Review

J. García Mayor[1]

[1]*Departamento de Actividad Física y del Deporte, Universidad de Murcia*

RESUMEN

Efecto de la suplementación con beta-alanina sobre el rendimiento neuromuscular: una revisión. Objetivo. Analizar los efectos ergogénicos de la suplementación con beta-alanina sobre el rendimiento neuromuscular. Método. Se incluye investigaciones que analizan los efectos de la beta-alanina sobre la fuerza y sobre los ejercicios anaeróbicos de carácter cíclico (duración < 60 segundos) (años: 2007-2016). Resultados y conclusiones. Los efectos de la beta-alanina sobre el rendimiento neuromuscular no quedan demasiado claros en relación a ejercicios de fuerza, diferentes pruebas Wingate y las pruebas de rendimiento específicas de carácter anaeróbico en situaciones reales de competición (i.e., contrarreloj de 30 segundos, 200 yardas (yd), 300 yd y los 400 metros lisos). Los efectos de este suplemento necesitan mayor confirmación cuando se trata de ejercicios de alta intensidad que requieren altos niveles de fuerza/potencia muscular. En los ejercicios de sprint repetidos (duración sprint <7 segundos), la beta-alanina y la combinación de beta-alanina y bicarbonato sódico no parece mejorar el rendimiento debido a que la mejora en la capacidad de tamponamiento no dictamina afectar a este tipo de pruebas. Se constata cierta ambigüedad en la combinación de creatina y beta-alanina, así como limitaciones sobre su efecto aditivo en relación a la suplementación únicamente con beta-alanina.

Palabras Clave: β-alanina, entrenamiento deportivo, atleta, ejercicio, carnosina.

ABSTRACT

Effect of beta-alanine supplementation on neuromuscular performance: a review. Objective. Analyze the ergogenic effects of beta-alanine supplementation on neuromuscular performance. Method. Includes those researches of the effects of beta-alanine on strength and on cyclic anaerobic exercises (duration <60 seconds) (years: 2007-2016). Results and conclusion.. The effects of beta-alanine on neuromuscular performance are not very clear in relation to the strength exercises, the different Wingate tests and the specific anaerobic performance tests in real situations of competition (i.e., 30-second time trial, 200 yards (yd), 300 yd, and 400-meter straight). The ergogenic effects of this supplement need more confirmation when it comes to high intensity exercises that require high levels of muscle strength / power. In repeated sprint exercises (sprint duration <7 seconds), beta-alanine and the combination of beta-alanine and sodium bicarbonate do not appear to improve performance because the improvement in buffer capacity does not dictate this type of evidence. There is some ambiguity regarding the combination of creatinine and beta-alanine supplementation, as well as limitations on its additive effect in relation to beta-alanine supplementation alone.

Keywords: β-alanine, sport training, exercise, athlete, carnosine

INTRODUCCIÓN

Uno de los suplementos que actualmente goza de gran popularidad y que resulta de gran interés entre los atletas de fuerza/potencia es la beta-alanina (Hoffman et al., 2012), un aminoácido no-proteogénico que, a su vez, es uno de los dos componentes de la carnosina muscular (dipéptido de los aminoácidos beta-alanina e histidina) (Hoffman, et al., 2015). Este aminoácido está considerado como el precursor que limita la velocidad de síntesis de la carnosina en el músculo esquelético (Dunnett y Harris, 1999; Harris et al., 2006). En este sentido, la suplementación con beta-alanina se realiza con el objetivo de aumentar las concentraciones de carnosina intramuscular (Blancquaert et al., 2015). En condiciones normales, la tasa de producción de beta-alanina es relativamente baja y la concentración sérica de beta-alanina es indetectable, pero si se produce un aumento de beta-alanina, a un detectable nivel, en el torrente sanguíneo, puede que haya un posterior aumento de la carnosina en el músculo esquelético, lo que podría conducir a un mejor rendimiento en los ejercicios de alta intensidad (Hobson et al., 2012). Esta mejora en el rendimiento se correspondería con una ganancia en la capacidad amortiguadora de la sangre y una disminución de la fatiga neuromuscular (Artioli, et al., 2010), ya que el mecanismo más probable que causa el efecto ergogénico de la beta-alanina está relacionado con el tamponamiento del pH intracelular conferido por el aumento de los niveles de carnosina intramuscular (Hill et al., 2007; Hoffman et al., 2012). Pero este no es el único mecanismo, pues existen otros que también han sido atribuidos a los aumentos de las concentraciones de carnosina muscular por la suplementación como es el descenso del estrés oxidativo (Nagasawa et al., 2001) y la facilitación directa de los procesos de excitación-contracción gracias al aumento de la sensibilidad al calcio de las fibras musculares (Batrukova y Rubtsov, 1997; Dutka et al., 2012).

Son numerosos los estudios que corroboran que la suplementación con beta-alanina conlleva un aumento en los niveles de carnosina muscular (Baguet et al., 2010; Baguet et al., 2009; Hill et al., 2007; Harris et al., 2006; Derave et al., 2007; Kendrick et al., 2009; Stellingwerff et al., 2012). Baguet et al. (2009), indicaron que la beta-alanina requería una dosis de carga crónica de 4 a 6 gramos al día en dosis divididas de 2 gramos o menos, como mínimo durante dos semanas, lo que resultaba en un aumento del 20 al 30% en las concentraciones de carnosina muscular. Harris et al. (2006), señalaron mayores beneficios, informando que 4 semanas de suplementación con beta alanina (4 a 6 gramos al día) causaban un aumento de hasta un 64% después de las cuatro semanas de suplementación. Incluso se ha llegado a evidenciar que 10 semanas de suplementación con beta-alanina (4 a 6,4 gramos en las semanas 1-4 y 6,4 gramos en las semanas 5-10) podía llegar a producir un aumento de las concentraciones de carnosina de hasta un 80% (Hill et al., 2007). Los aumentos en las concentraciones de carnosina han sido observados tanto en deportistas entrenados como no entrenados (Derave et al., 2010).

Salud y suplementación con beta-alanina

A pesar de la cantidad de estudios que analizan el efecto ergogénica de la beta-alanina, no ocurre igual con el número de investigaciones que examinan su seguridad y los posibles efectos secundarios. El único efecto secundario que se ha reportado hasta ahora ha sido parestesia leve, una sensación de hormigueo en las manos y los pies (Jordan et al., 2010; Smith-Ryan et al., 2012), pero los estudios indican que este síntoma puede ser atenuado mediante el uso de dosis más bajas y divididas (1,6 g) (Trexler et al., 2015). Además, si la beta-alanina se mezcla con un hidrato de carbono o una bebida de electrolitos, la aparición de este efecto secundario dictamina ser insignificante (Hoffman et al., 2006). En este sentido, la beta-alanina parece ser un suplemento seguro de usar en dosis recomendadas (Artioli et al., 2010), no obstante, ciertos autores recomiendan precaución en el uso de esta sustancia como ayuda ergogénica hasta que haya evidencia suficiente parar confirmar su seguridad (Quesnele et al., 2014).
Por otro lado, los efectos ergogénicos de la beta-alanina, recientemente, vienen siendo estudiados para fines terapéuticos. Así, el potencial de la carnosina se ha relacionado con beneficios en el envejecimiento, enfermedades neurológicas, diabetes y cáncer (Sale et al., 2013). Sin embargo, la mayoría de estos beneficios para la salud han sido únicamente explorados en animales y, por tanto, las investigaciones en este campo aún son muy limitadas (Trexler et al., 2015).

Beta-alanina y rendimiento deportivo

Las investigaciones sobre este campo se han llevado a cabo en modalidades de esfuerzo que duran entre 1 y 4 minutos (Bellinger y Minahan, 2015; de Salles Painelli et al., 2013; Smith et al., 2009a; Smith et al., 2009b; Bellinger et al., 2012; Howe et al., 2013; Donovan et al., 2012) y en esfuerzos cíclicos inferiores a los 60 segundos (Van Thienen et al., 2009; Sweeney et al., 2010). Se ha analizado los efectos de este suplemento sobre los esfuerzos de larga duración (> 4 minutos) que dependen del sistema aeróbico oxidativo (Hobson et al., 2013; Stout et al., 2007; Stout et al., 2008; Zoeller et al.,

2007) y sobre los ejercicios de fuerza (Hoffman et al., 2008a; Hoffman et al., 2008b). Además, un número limitado de estudios han manipulado los cambios asociados al rendimiento táctico, principalmente en personal militar (Hoffman et al., 2014; Ko et al., 2014) y, por otro lado, también se ha analizado el efecto ergogénico que podría conllevar la ingesta combinada de beta-alanina y creatina (Hoffman, et al., 2006), así como la ingesta combinada de beta-alanina y bicarbonato sódico (Ducker et al., 2013; Hobson et al., 2013; Sale et al., 2011; Tobias et al., 2013). De esta manera, la literatura actual informa que la suplementación con beta-alanina se muestra eficaz en esfuerzos que dependen en gran medida de la síntesis de ATP a partir de glucólisis anaeróbica (Bellinger, 2014). En este sentido, todo parece indicar que la suplementación diaria se muestra conveniente para mejorar el rendimiento en pruebas de esfuerzo que duran entre 1 y 4 minutos, siendo necesaria más investigación para determinar los efectos ergogénicos de la beta-alanina con respecto a las pruebas de esfuerzo anaeróbicas de duración inferior a 60 segundos (Hobson et al., 2012) y los ejercicios de fuerza (Trexler et al., 2015). Por ello, el objetivo de esta revisión sistemática es actualizar el conocimiento sobre los efectos de la suplementación con beta-alanina sobre la fuerza y la potencia muscular, explicando varios factores modificadores como la población de la muestra y tipo de ejercicio. Además, también se investigan los efectos por la suplementación combinada de bicarbonato de sodio y beta-alanina, así como de creatina y beta-alanina.

MATERIAL Y MÉTODOS

La información fue obtenida a partir de la búsqueda en las bases de datos Medline, mediante su buscador específico Pubmed y en Web of Science. Se utilizó en todo caso búsquedas con la combinación de las siguientes palabras clave: “β-alanine”, “beta-alanine”, “supplementation”, “exercise” “performance”, “sport training”, “muscle” y “carnosine”. Los artículos citados en algunas de las investigaciones de referencia también se utilizaron, así como listas de referencias bibliográficas obtenidas de dichas publicaciones. Los criterios de inclusión fueron los siguientes: i) artículos originales que hubiesen manipulado como variable independiente principal la beta-alanina, ii) artículos publicados en revistas incluidas en el Journal Citation Reports (JCR) en los últimos 9 años (desde el 2007 hasta marzo de 2016), iii) artículos originales en los que la suplementación con beta-alanina se realizase de forma crónica, iv) estudios que hubiesen analizado los efectos de la suplementación con beta-alanina sobre el rendimiento en ejercicios de fuerza y sobre ejercicios cíclicos de carácter anaeróbico (duración < 60 segundos) (i.e., fuerza máxima absoluta o relativa, isométrica, isocinética o fuerza explosiva, potencia muscular y fatiga neuromuscular). Estas combinaciones de búsqueda dieron como resultado la inclusión de 19 artículos originales. Con objeto de poder comparar los efectos que la suplementación con beta-alanina tuvo sobre el rendimiento neuromuscular se calculó los estadísticos descriptivos del porcentaje de cambio y el tamaño del efecto sobre la variable dependiente estudiada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra los resultados de la revisión crítica realizada. Las publicaciones que obtienen beneficios por la suplementación, coinciden en que las dosis necesarias para producir un efecto ergogénico en el rendimiento neuromuscular se encuentran entre los 4 y los 6,4 gramos al día durante un período aproximado de 4 semanas en los hombres (Van Thienen et al., 2009; Sale et al., 2012; Derave et al., 2007; Carpentier et al., 2015; Tobias et al., 2013; Howe et al., 2013). Los cambios en las concentraciones de carnosina por la suplementación parecen ser más sensibles en las mujeres con respecto a los hombres (Stegen et al., 2014), por lo que, cantidades comprendidas entre 800 mg y 2,4 gramos al día durante un periodo aproximado de 4 semanas podría ser suficiente para obtener beneficios relevantes en el sexo femenino (Rodríguez et al., 2014; Glenn et al., 2016).

***Tabla 1**. Efectos de la suplementación con beta-alanina sobre el rendimiento muscular*

Estudio	Muestra	Diseño	Protocolo	Hallazgos	Mejoras
Carpentier et al., 2015.	27 hombres y mujeres estudiantes activos. 14 BA; 13 PLA.	8 semanas suplementados con 4.0-5.6 g/día de BA o PLA.	1) Protocolo de fatiga: entrenamiento pliométrico de alta intensidad (45 saltos consecutivos) dos veces a la semana. 2) Antes y después de la suplementación se registra la potencia explosiva del salto CMJ y SJ.	1) Mejora de la fuerza explosiva media en los 45 saltos CMJ. 2) Sin diferencias significativas en la potencia de salto CMJ y SJ, entre BA y PLA.	1) 8,6%, p ≤ 0,01, TE= NC.
Cochran et al., 2015.	24 sujetos activos no entrenados. 12 BA, 12 PLA.	10 semanas suplementados con 3,2 g/día con BA o PLA	3 sesiones semanales que consistían en 4-6 test Wingate, intercalados con 4 minutos de recuperación.	No hubo diferencias significativas entre los diferentes tratamientos	
Derave et al., 2007.	15 sujetos atletas de campo y de pista. 8 BA, 7 PLA.	Durante 4 semanas, fueron suplementados con 4,8 g/día de BA o PLA.	1) Protocolo de fatiga muscular isocinético. 5 x 30 flexiones isocinéticas de rodilla (180°/s) con 1 minuto de recuperación entre las series. 2) Protocolo de fatiga muscular isométrico. El ángulo de la rodilla se fijó en 45 °, y se determinó la contracción máxima voluntaria estática (MVP). 3) Tiempo de carrera en 400 metros.	1) Atenúa significativamente la fatiga en series repetidas de contracciones dinámicas exhaustivas. 2) Sin mejoras significativas en la resistencia isométrica. 3) No hubo mejoras significativas en el tiempo de carrera.	1) Serie 4: 6,1%, p< 0,05, TE= NC. Serie 5: 3,8%, p<0,05, TE= NC.
Ducker et al., 2013.	24 atletas de deportes de equipo. 6 BA, 6 PLA, 6 SB, 6 BA+SB	80 g/kg BM/día de BA y/o 0,3 g/kg BM/día de SB durante 28 días.	Sprints repetidos: 3 series de 6 repeticiones x 20 metros con 25 segundos de recuperación entre cada repetición y 4 minutos de recuperación entre cada serie.	No se observan diferencias significativas en el rendimiento entre los diferentes tratamientos.	
Glenn et al., 2016.	22 mujeres atletas. 11 BA, 11 PLA.	Durante 4 días a la semana durante 28 días fueron suplementados con PLA (8 g de dextrosa) o BA (800 mg + 8 g de dextrosa).	1) Fuerza isocinética del tren inferior. 2) Fuerza de prensión en dinamómetro. 3) Medición de la composición corporal.	1) Torque de máxima extensión de piernas aumentó significativamente en BA con respecto a PLA. 2) Sin diferencias significativas. 3) Sin diferencias significativas.	1) %= NC; p< 0,05, TE= NC.
Gross et al., 2014.	9 alpinistas de élite masculinos. 5BA, 4PLA.	4,8 g/día de BA o PLA durante 5 semanas.	1) Saltos (CMJ) antes y después de la suplementación. 2) Test de saltos repetidos durante un máximo de 90 segundos (BJ90).	1) Mejora de la potencia máxima y la potencia media CMJ. 2) Mejor rendimiento en el último tercio de BJ90.	1) Potencia máxima: 7,12%, p=0,01, TE= 0,76. Potencia media: 7,06%, p<0,01, TE=0,67. 2) 4%, p= 0,02, TE= NC.

Hoffman et al., 2008a.	26 hombres atletas entrenados en fuerza/potencia. BA: 13; PLA13.	BA o PLA durante 4 semanas: (3.2 g/día en la primera semana y 6.4 g/día durante 3 semanas).	1) Entrenamiento de press banca y sentadillas. 2) 3 x 200 yd con 2 minutos de recuperación entre cada una.	1) No se observan diferencias significativas. 2) No se observaron diferencias significativas.	
Hoffman et al., 2008b.	8 hombres experimentados en el entrenamiento de resistencia. BA: 4; PLA: 4.	4,8 g/día de BA o PLA durante 30 días.	1) 6 series de 12 repeticiones en el ejercicio de sentadillas al 70% del 1RM con 1,5 minuto de recuperación entre las series. 2) 1 RM en sentadillas. 3) Concentraciones de la hormona del crecimiento, testosterona y cortisol.	1) Mejoras significativas en el volumen total de entrenamiento. Sin mejoras significativas en el pico y media de potencia y en el total de repeticiones. 2) Sin diferencias estadísticas en el 1RM sentadillas. 3) Sin diferencias en la composición corporal.	1) Volumen total del entrenamiento: 26,85%, p< 0,05, TE= 1,36.
Howe et al., 2013.	16 ciclistas altamente entrenados. BA: 8, PLA: 8.	Suplementados con BA (65 mg /kg BM/día) o PLA (monohidrato de dextrosa) durante 4 semanas.	Antes y después de la suplementación realizan 30 contracciones isocinéticas máximas de rodilla recíprocas a una velocidad angular fija de 180 ° /seg.	1) Mejora significativa en el promedio de potencia/repetición. 2) Mejora significativa en el índice de fatiga.	1) 6,8%, p= 0,04, TE= NC. 2) 2%, p= 0,03, TE= NC.
Kendrick et al., 2008.	26 estudiantes activos. 13: BA, 13: PLA.	6,4 g/día de BA o una dosis de PLA durante 10 semanas.	1) Antes y después de la suplementación se mide el 1RM (repetición máxima) en sentadillas, press banca y peso muerto. 2) Pico de fuerza isocinética producida del tren inferior (180º/seg). 3) Resistencia muscular (upper arm curl test) con una carga que permite 20-40 repeticiones.	1) No se encuentran diferencias significativas en el 1RM. 2) No se encuentran diferencias significativas en la producción de fuerza isocinética. 3) No se encuentran diferencias significativas.	
Kern y Robinson 2011.	37 luchadores y futbolistas universitarios. FB-BA:7, WR-BA:10, FB-PLA: 8, WR-PLA: 1.	4 g/día de BA o PLA durante 60 días.	1) Flexión de brazos colgado a 90º (resistencia muscular). 2) Correr a sprint 300 yardas. 3) Valoración de la composición corporal.	1) Sin diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. 2) No se observaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. 3) No se observan diferencias en la composición corporal.	

Kern y Robinson 2011.	37 luchadores y futbolistas universitarios. FB-BA:7, WR-BA:10, FB-PLA: 8, WR-PLA: 1.	4 g/día de BA o PLA durante 60 días.	1) Flexión de brazos colgado a 90º (resistencia muscular). 2) Correr a sprint 300 yardas. 3) Valoración de la composición corporal.	1) Sin diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. 2) No se observaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. 3) No se observan diferencias en la composición corporal.	
Kresta et al., 2014.	32 mujeres moderadamente activas. BA: 8, Cr: 8, BA + Cr: 9, PLA: 7.	- BA: 6,1 ± 0,7 g/día durante los 28 días. - BA Y Cr: 6,1 ± 0,7 g/día de BA durante 28 días + 18 ± 1,8 g / día de Cr en la semana 1 y 6,1 ± 0,7 g/día para las semanas 2-4.	2 test Wingate con 2 minutos de descanso entre ellos.	No se observaron diferencias significativas por la suplementación en BA, Cr y BA + Cr.	
Okudan et al., 2015.	44 hombres sedentarios. PLA: 11, Cr: 11. BA: 11, BA+Cr: 11.	Grupo BA: 1,6 g de BA, Grupo BA+Cr: 1,6 g de BA y 5 g de Cr 2 veces al día (22 días) y 4 veces al día (6 días). Grupo Cr: 5 g de Cr 2 veces al día (22 días) y 4 veces al día (6 días).	3 series repetidas en el test Wingate.	La suplementación con BA+Cr mejora significativamente la potencia media en los 3 Wingate.	Wingate 1: 5,87%, p<0,05, TE= 0,66. Wingate 2: 14,40%, p<0,05, TE= 1,78. Wingate 3: 10,25%, p<0,05, TE= 1,67.
Rodríguez et al., 2014.	18 mujeres futbolistas. BA:10, PLA: 8.	2,4 g/día de BA durante 30 días.	3 Wingate con 5 minutos de recuperación entre cada uno.	1) Mejora significativamente la potencia máxima en el primer Wingate. 2) Mejora significativamente la potencia media en los 3 Wingate. 3) No observan diferencias significativas en los niveles de lactato.	1) Wingate 1: 18,76%, p= 0,003, TE = 1, 8. 2) Wingate 1: 19, 35%, p= 0,001, TE= 2.31. Wingate 2: 15,06%, p= 0,0005, TE= 2,57. Wingate 3: 19,32%, p= 0,0003, TE= 2.
Saunders et al., 2014.	16 sujetos activos en deportes de equipo. 8 BA, 8 PLA.	5 semanas de suplementación con 6,4 g/día de BA o PLA durante 4 semanas y 3,2 g/día de BA o PLA en la última semana.	3 series de 5 × 6 s sprints repetidos realizados en estado de hipoxia (15,5% de O2).	No se observaron mejoras significativas por la suplementación con BA o BA + BS.	
Sweeney et al., 2010.	19 hombres físicamente activos. 9 BA, 10 PLA.	4 g/día durante 7 días y después 6 g/día durante 28 días de BA o PLA.	2 series de 5 x 5 segundos sprint en tapiz rodante con 45 segundos de recuperación entre cada sprint y 2 minutos de recuperación entre las series.	No se observaron diferencias significativas con respecto al pico de potencia, la media de potencia y el % de fatiga en los sprints repetidos.	

Sale et al., 2012.	13 hombres activos. 7 BA, 6 PLA.	6,4 g/día de BA o PLA durante 28 días.	Test isométrico de extensión de rodilla al 45% de la MVIC antes y después de la suplementación.	1) Tiempo hasta el agotamiento mejora significativamente. 2) Se observan cambios significativos en la capacidad de impulso. 3) Sin diferencias significativas en la MVIC.	1) 13,2%, p<0,05, TE= 0,47. 2) 13,9%, p<0,05, TE= 0,44.
Tobias et al., 2013.	37 atletas entrenados en judo y jiu-jitsu. 10 BA + PLA; 9 SB + PLA; 9 BA + SB, 9 PLA.	BA: 6,4 g/día durante 28 días. SB: 500 mg/ kg BM/día durante 7 días.	4 test Wingate con 3 minutos de recuperación entre cada uno de ellos.	1) Mejoras significativas en BA+SB en comparación con BA o SB en el trabajo total realizado. Las mayores mejoras en el pico de potencia se obtuvieron en BA+SB, pero no fueron significativas en comparación con SB+PLA y BA+PLA: 2) Mejora significativa en el primer test. 3) Mejora significativa en el segundo test. 4) Mejora significativa en el cuarto test.	1) 14 %, $p < 0.05$, TE= NC. 2) 15.3%, $p = 0.002$, TE= NC. 3) 18.3%, $p = 0.003$, TE= NC. 4) 22.3%, $p = 0.001$, TE= NC.
Van Thienen et al., 2009.	17 hombres ciclistas moderadamente a bien-entrenados. 9 BA, 8 PLA.	2,4 g/día de BA durante 14 días, después 3 g/día durante 14 días y, por último, 4 g/día durante 28 días.	Contrarreloj de 30 segundos en cicloergómetro tras protocolo de fatiga (prueba de ciclismo de 110 minutos).	1) Mejora significativa del pico de potencia. 2) Mejora significativa de la potencia media. 3) Mejora significativa de la potencia de salida final.	1) 11,4%, p<0,05, TE= 1,95. 2) 4,91%, p<0,05, TE= 0,74 3) 11,00%, p<0,05, TE= 1,83.

BA: beta-alanina; PLA: placebo; NC: no calculable; CMJ: counter-movement jump; SJ: squat jump; TE: tamaño del efecto; SB: bicarbonato sódico; Cr: creatina; MVIC: máxima contracción voluntaria isométrica; BM: masa corporal; WR: luchadores; FB: futbolistas; RM: repetición máxima; p: variable estadística (p<0,05= estadísticamente significativo).

Suplementación de beta-alanina y su relación con ejercicios de fuerza y de carácter cíclico anaeróbico (<60 segundos)

La Tabla 1 corrobora que tanto en los ejercicios anaeróbicos de carácter cíclico (duración < 60 segundos) como en los ejercicios de fuerza los efectos de este suplemento no quedan demasiado claros. Así, se puede observar que el potencial de este suplemento en situaciones reales de competición reporta resultados mixtos. Por un lado, Van Thienen, et al. (2009), quienes analizaron a ciclistas moderadamente y altamente entrenados, indicaron que el grupo suplementado con beta-alanina en comparación con el grupo control, aumentó la producción media de potencia máxima y la potencia media de salida en una simulación de una contrarreloj de 30 segundos tras un protocolo de fatiga. Sin embargo, Kern y Robinson (2011), Hoffman et al. (2008a) y Derave et al., (2007) no evidenciaron mejoras significativas en el rendimiento en 300 yd a sprint, en 200 yd a sprint y en los 400 metros lisos, respectivamente, en deportistas y atletas entrenados de diferentes disciplinas.

En relación al test Wingate en cicloergómetro, mejoras en la potencia máxima y la potencia media en mujeres futbolistas han sido observados (Rodríguez et al., 2014), así como en la potencia media y en el retraso de la fatiga (Okudan et al., 2015) en individuos sedentarios. Mejoras significativas también han sido observadas en la prueba de test Wingate para el tren superior en atletas de alto rendimiento de judo y jiu-jitsu (Tobias et al., 2013). Sin embargo, esta misma prueba ha sido utilizada en otros estudios sin encontrar diferencias significativas tanto en hombres activos no entrenados (Cochran et al., 2015) como en mujeres moderadamente activas (Kresta et al., 2014).

Adicionalmente, la literatura evalúa los sprints de corta duración para analizar su efecto. Así, Sweeney et al. (2014), no

observaron mejoras significativas por la suplementación con beta-alanina con respecto al pico de potencia, la potencia media y el % de fatiga en hombres físicamente activos. De igual modo, Ducker et al. (2013), no informaron mejoras significativas en el rendimiento por la suplementación única de beta-alanina en atletas de deportes de equipo. De forma más reciente, Saunders et al. (2014), investigaron los efectos de la suplementación con beta-alanina en sprints repetidos en estado de hipoxia (15,5% de O2) en sujetos activos en deportes de equipo. Igualmente, no encontraron beneficios significativos por la suplementación con beta-alanina en este tipo de ejercicios e informaron que los suplementos de beta-alanina no parecían tener efecto sobre el rendimiento en ejercicios de velocidad.

Los estudios que investigan los efectos de la beta-alanina en ejercicios de fuerza muscular han reportado resultados mixtos. De esta manera, Hoffman et al. (2008b), en hombres con experiencia en el entrenamiento, evidenciaron una mejora significativa del volumen total de entrenamiento al realizar 6 series de 12 repeticiones en el ejercicio de sentadillas al 70% del 1RM con 1,5 minutos de recuperación entre las series. Sin embargo, no documentaron mejoras en el total de repeticiones, en el pico de potencia y la potencia media, así como en la respuesta endocrina por la suplementación y en el test 1RM. El 1RM en sentadillas, así como en press banca y peso muerto, también fue evaluado por Kendrick et al. (2008), sin evidenciar resultados significativos en estudiantes activos. Estos autores, de igual modo, no obtuvieron mejoras en un test de resistencia muscular (upper-arm cuarl test). Hoffman et al. (2008a), aunque informaron de una tendencia hacia mayores volúmenes de entrenamiento y una disminución subjetiva de la fatiga en el grupo suplementado con beta-alanina en comparación con el grupo placebo, no encontraron diferencias significativas en la intensidad de entrenamiento en los ejercicios de press banca y sentadillas.

Glenn et al. (2016), evaluaron la fuerza isocinética, la fuerza de presión en dinamómetro y la composición corporal en mujeres atletas. Mostraron mejoras significativas en el trabajo total realizado y en el pico promedio de torque en la flexión de piernas en el grupo suplementado y una mejora significativa en el pico promedio de torque en la extensión de piernas con respecto al grupo placebo. Sin embargo, no verificaron diferencias importantes en la fuerza de presión en dinamómetro y en la composición corporal. De igual modo, Kern y Robinson (2013) y Gross et al. (2014), no observaron mejoras significativas en la composición corporal en futbolistas y luchadores universitarios y alpinistas de élite, respectivamente. Howe et al. (2013), tras aplicar un programa de 30 contracciones isocinéticas máximas de rodilla recíprocas a una velocidad angular fija (180°/segundo), verificaron que la beta-alanina producía cambios significativos en la producción de fuerza muscular en ciclistas altamente entrenados. Así mismo, Derave et al. (2007), mostraron que la suplementación con beta-alanina incrementaba el contenido de carnosina muscular y atenuaba la fatiga en 5 x 30 flexiones de rodillas isocinéticas (180°/segundo) con 1 minuto de recuperación entre las series en atletas de pista y de campo, sin embargo, Kendrick et al. (2008), no informaron beneficios significativos en este tipo de ejercicios en sujetos activos no entrenados. Por tanto, parece ser que los beneficios por la suplementación se manifiestan en los individuos deportistas cuando se trata de ejercicios isocinéticos del tren inferior.No obstante**,** en relación a los ejercicios de carácter isométrico, las investigaciones son más favorables hacia los individuos que no son deportistas o de alto rendimiento. Así, Derave et al. (2007), no observaron diferencias significativas entre el grupo beta-alanina y el grupo placebo en la resistencia isométrica del tren inferior tras constatar los incrementos por la suplementación en las concentraciones de carnosina en atletas entrenados. Resultados semejantes fueron documentados por Kern y Robinson (2011), al no encontrar beneficios importantes en un test de resistencia isométrica del tren superior que consistía en mantenerse colgado en barra con una flexión de codos de 90º. Sin embargo, Sale et al. (2012), sí revelaron diferencias significativas en el test de resistencia isométrico de extensión de rodillas en hombres activos no entrenados, concretamente en el tiempo hasta el agotamiento y en la capacidad de impulso.

Varios estudios han analizado los efectos de este suplemento a través de diferentes tests de saltos. Así, se han observado diferencias significativas en la potencia media del salto en un protocolo de fatiga que consistía en 45 saltos consecutivos en hombres y mujeres estudiantes activos (Carpentier et al., 2015). Sin embargo, estos autores también analizaron el pico de potencia máximo en el salto CMJ y SJ sin constatar diferencias importantes. En la misma línea, Gross et al. (2014), analizaron los efectos ergogénicos de la beta-alanina sobre deportistas de élite utilizando los saltos CMJ y un test de saltos repetidos durante un máximo de 90 segundos (BJ90). Los investigadores comunicaron un mejor rendimiento en el salto explosivo y repetido debido a las mejoras en la potencia máxima y la potencia media CMJ, y un mejor rendimiento en el último tercio del test BJ90.
Esta fluctuación en los resultados en relación a las diferentes pruebas de fuerza analizadas, así como los diferentes test Wingate y las diferentes pruebas en situaciones reales de rendimiento de carácter cíclico anaeróbico, podría guardar relación con el grado de condición física de las muestras seleccionadas. Hay que considerar la existencia de sujetos más respondedores que otros en función de los niveles basales de carnosina (Baguet et al., 2009). En este sentido, aunque los aumentos de carnosina por la suplementación se han observado tanto en deportistas entrenados como no entrenados (Derave et al., 2010), existen evidencias de que los atletas que participan en ejercicios de resistencia y de alta intensidad tienen concentraciones basales de carnosina más altas con respecto a grupos de población que no participan en deportes de competición o entrenamientos organizados (Baguet et al., 2011). Además, parece ser que los aumentos en las concentraciones de carnosina por la suplementación suelen ser más pronunciados sobre los individuos entrenados (Bex et al., 2014). Sin embargo, en el presente estudio no se observan diferencias importantes en función de si se trata de sujetos

entrenados o no. Por ello, los efectos ergogénicos de este suplemento necesitan mayor confirmación cuando se trata de ejercicios de alta intensidad que requieren altos niveles de fuerza/potencia muscular. Además, las futuras investigaciones deberían considerar la ingesta alimenticia de la muestra durante el periodo de suplementación, ya que la ingesta de una comida junto al suplemento podría influir significativamente en los aumentos de las concentraciones de carnosina muscular (Stegen et al., 2013). Por último, se debería destacar las investigaciones que analizan los sprints de corta duración (<7 segundos) debido a que en este tipo de ejercicios la beta-alanina no parece generar efecto debido a que la mejora en la capacidad de tamponamiento no tiende a afectar a este tipo de pruebas (Saunders et al., 2014). Así mismo, este suplemento parece ser poco efectivo para los parámetros fisiológicos de composición corporal.

Efectos aditivos de la beta-alanina combinada con otros suplementos ergogénicos

Los efectos ergogénicos de la beta-alanina sobre el rendimiento neuromuscular han sido analizados mediante la ingesta conjunta de creatina y beta-alanina, así, como de beta-alanina y bicarbonato sódico. Con respecto a la combinación de beta-alanina y creatina, Hoffman et al. (2006), fueron los primeros en realizarlo. Estos autores observaron cambios significativos en la masa corporal magra y la grasa corporal en los grupos creatina y creatina más beta-alanina en comparación con el grupo placebo. Además, en su informe la co-ingesta de creatina más beta-alanina parecía tener el mayor efecto sobre el volumen de entrenamiento. No obstante, este estudio tenía ciertas limitaciones, ya que no incluía un grupo experimental únicamente suplementado con beta-alanina. A partir de ahí, varias investigaciones posteriores han continuado por la misma línea. En relación a pruebas cíclicas de carácter anaeróbico, Okudan et al. (2015), informaron que tanto la ingesta de beta-alanina como de creatina más beta-alanina parecía tener un fuerte efecto en el rendimiento mediante el aumento de la potencia media y el retraso de la fatiga en series repetidas en el test Wingate. Sin embargo, Kresta et al. (2014), evidenciaron que la ingesta de beta-alanina, creatina o la co-ingesta de ambas no producía efectos significativos sobre series repetidas en ese mismo test.

Varios estudios recientes han analizado los efectos ergogénicos producidos por la combinación de beta-alanina con el bicarbonato sódico, así, Tobias et al. (2013), revelaron que la combinación de ambas sustancias promovía un claro efecto ergogénico aditivo con respecto a la suplementación única de beta-alanina al realizar 4 test Wingate con 3 minutos de recuperación entre cada uno de ellos. Sin embargo, la suplementación conjunta no parece tener efectos en pruebas de sprints repetidos. De este modo, Ducker et al. (2013), verificaron que la suplementación con bicarbonato sódico causaba mejores resultados que la co-ingesta de bicarbonato sódico y beta-alanina y de beta-alanina únicamente en sprints repetidos. De forma más reciente, Saunders et al. (2014), analizaron los efectos de estos suplementos al realizar sprints repetidos en estado de hipoxia (15,5% de O2). Los resultados indicaron que la co-suplementación de beta-alanina con bicarbonato sódico no mejoró la potencia pico y la potencia media de salida en las 3 series de 5 x 6 segundos repetidos de sprints en estado de hipoxia más que la suplementación única de beta-alanina o bicarbonato sódico. Además, sugirieron que los ejercicios de velocidad de sprints repetidos no podían ser influenciados por el aumento de la capacidad de tamponamiento.

CONCLUSIONES

Se observa una gran discrepancia en relación a las diferentes variables de fuerza analizadas, así como los diferentes test Wingate y las diferentes pruebas en situaciones reales de rendimiento de carácter cíclico anaeróbico, siendo necesaria una mayor confirmación científica de los efectos ergogénicos de este suplemento en esfuerzos de alta intensidad con altos requerimientos de fuerza. Además, la suplementación no parece aportar beneficios importantes en ejercicios de sprint repetidos de corta duración (<7 segundos) y en los parámetros fisiológicos de composición corporal. Por otro lado, la co-ingesta de beta-alanina con bicarbonato sódico sugiere futuras investigaciones en relación a su efecto aditivo en relación al test Wingate, sin embargo, no ocurre igual cuando se trata de ejercicios de velocidad y sprint repetidos de corta duración (<7 segundos). En correspondencia a los efectos ergogénicos de la co-ingesta de beta-alanina y creatina se observa cierta ambigüedad entre los diferentes estudios. Así, se necesita un mayor número de estudios en este campo para confirmar su efecto aditivo, ya que ciertas publicaciones que han constatado efectos ergogénicos por la combinación de ambos suplementos (Hoffman et al., 2006) tienen ciertas limitaciones, como es el caso de no disponer en la investigación de un grupo experimental únicamente suplementado con beta-alanina.

REFERENCIAS

1. Artioli, G. G., Gualano, B., Smith, A., Stout, J., y Lancha, A. H. (2010). Role of b-alanine supplementation on muscle carnosine and exercise performance. *Medicine and Science and Sports Exercise, 42(6), 1162-1173.*
2. Baguet, A., Everaert, I., Hespel, P., Petrovic, M., Achten, E., y Derave, W. (2011). A new method for non-invasive estimation of human muscle fiber type composition. *PLoS One, 6(7), e21956.*
3. Baguet, A., Bourgois, J., Vanhee, L., Achten, E., y Derave, W. (2010). Important role of muscle carnosine in rowing performance. *Journal of Applied Physiology, 109(4), 1096-1101.*
4. Baguet, A., Reyngoudt, H., Pottier, A., Everaert, I., Callens, S., Achten, E., y Derave, W. (2009). Carnosine loading and washout in human skeletal muscles. *Journal of applied physiology, 106(3), 837-842.*
5. Batrukova, M. A., y Rubtsov, A. M. (1997). Histidine-containing dipeptides as endogenous regulators of the activity of sarcoplasmic reticulum Ca-release channels. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biomembranes, 1324(1), 142-150.*
6. Bellinger, P. M. (2014). β-Alanine supplementation for athletic performance: an update. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 28(6), 1751-1770.*
7. Bellinger, P. M., Howe, S. T., Shing, C. M., y Fell, J. W. (2012). Effect of combined-alanine and sodium bicarbonate supplementation on cycling performance. *Medicine and Science and Sports Exercise, 44(8), 1545-51.*
8. Bellinger, P. M., y Minahan, C. L. (2015). The effect of β-alanine supplementation on cycling time trials of different length. *European journal of sport science, 11, 1-8.*
9. Bex, T., Chung, W., Baguet, A., Stegen, S., Stautemas, J., Achten, E., y Derave, W. (2014). Muscle carnosine loading by beta-alanine supplementation is more pronounced in trained vs. *untrained muscles. Journal of Applied Physiology, 116(2), 204-209.*
10. Blancquaert, L., Everaert, I., y Derave, W. (2015). Beta-alanine supplementation, muscle carnosine and exercise performance. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care, 18(1), 63-70.*
11. Carpentier, A., Olbrechts, N., Vieillevoye, S., y Poortmans, J. R. (2015). β-Alanine supplementation slightly enhances repeated plyometric performance after high-intensity training in humans. *Amino acids, 47(7), 1479-1483.*
12. Cochran, A. J., Percival, M. E., Thompson, S., Gillen, J. B., MacInnis, M. J., Potter, M. A., Tarnopolsky, M. A., y Gibala, M. J. (2015). Beta-Alanine Supplementation Does Not Augment the Skeletal Muscle Adaptive Response to Six Weeks of Sprint Interval Training. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism, 26(6), 541-549.*
13. De Salles Painelli, V., Roschel, H., De Jesus, F., Sale, C., Harris, R. C., Solis, M. Y., Lancha, A.H., y Artioli, G. G. (2013). The ergogenic effect of beta-alanine combined with sodium bicarbonate on high-intensity swimming performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 38(5), 525-532.*
14. Derave, W., Everaert, I., Beeckman, S., y Baguet, A. (2010). Muscle carnosine metabolism and β-alanine supplementation in relation to exercise and training. *Sports medicine, 40(3), 247-263.*
15. Derave, W., Özdemir, M. S., Harris, R. C., Pottier, A., Reyngoudt, H., Koppo, K., Wise, J. A, y Achten, E. (2007). ß-Alanine supplementation augments muscle carnosine content and attenuates fatigue during repeated isokinetic contraction bouts in trained sprinters. *Journal of Applied Physiology, 103(5), 1736-1743.*
16. Donovan, T., Ballam, T., Morton, J., y Close, G. (2012). β-alanine improves punch force and frequency in amateur boxers during a simulated contest. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism, 22(5).331-337.*
17. Ducker, K. J., Dawson, B., y Wallman, K. E. (2013). Effect of beta alanine and sodium bicarbonate supplementation on repeated-sprint performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 27(12), 3450-3460.*
18. Dunnett, M., y Harris, R. C. (1999). Influence of oral ß-alanine and L-histidine supplementation on the carnosine content of the gluteus medius. *Equine veterinary journal, 31(30), 499-504.*
19. Dutka, T. L., Lamboley, C. R., McKenna, M. J., Murphy, R. M., y Lamb, G. D. (2012). Effects of carnosine on contractile apparatus Ca2+ sensitivity and sarcoplasmic reticulum Ca2+ release in human skeletal muscle fibers. *Journal of applied physiology, 112(5), 728-736.*
20. Glenn, J. M., Gray, M., Stewart, R. W., Moyen, N. E., Kavouras, S. A., DiBrezzo, R., Baum, J. L., y Stone, M. S. (2016). Effects of 28-Day Beta-Alanine Supplementation on Isokinetic Exercise Performance and Body Composition in Female Masters Athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 30(1), 200-207.*
21. Gross, M., Bieri, K., Hoppeler, H., Norman, B., y Vogt, M. (2014). Beta-Alanine Supplementation Improves Jumping Power and Affects Severe-Intensity Performance in Professional Alpine Skiers. *Internacional Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 24(6), 665-673.*
22. Hill, C. A., Harris, R. C., Kim, H. J., Harris, B. D., Sale, C., Boobis, L. H., Kim., C. K., y Wise, J. A. (2007). Influence of β-alanine supplementation on skeletal muscle carnosine concentrations and high intensity cycling capacity. *Amino acids, 32(2), 225-233.*
23. Harris, R. C., Tallon, M. J., Dunnett, M., Boobis, L., Coakley, J., Kim, H. J., Sale, C., y Wise, J. A. (2006). The absorption of orally supplied β-alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. *Amino acids, 30(3), 279-289.*
24. Hobson, R. M., Harris, R. C., Martin, D., Smith, P., Macklin, B., Gualano, B., y Sale, C. (2013). Effect of beta-alanine with and without sodium bicarbonate on 2,000-m rowing performance. *Internacional Journal Sport Nutrition Exercise Metabolism, 23(5), 480-7.*
25. Hobson, R. M., Saunders, B., Ball, G., Harris, R., y Sale, C. (2012). Effects of β-alanine supplementation on exercise performance: a meta-analysis. *Amino Acids, 43(1), 25–37.*
26. Hoffman, J. R., Emerson, N. S., y Stout, J. R. (2012). β-alanine supplementation. *Current Sports Medicine Reports, 11(4), 189-195.*
27. Hoffman, J. R., Landau, G., Stout, J. R., Dabora, M., Moran, D. S., Sharvit, N., Hirschhorn, G., y Ostfeld, I. (2014). β-alanine supplementation improves tactical performance but not cognitive function in combat soldiers. *Journal of the Internacional Society Sports Nutrition, 11(1), 15.*

28. Hoffman, J. R., Ratamess, N. A., Faigenbaum, A. D., Ross, R., Kang, J., Stout, J. R., y Wise, J. A. (2008a). Short-duration β-alanine supplementation increases training volume and reduces subjective feelings of fatigue in college football players. *Nutrition Research, 28(1), 31-35.*
29. Hoffman, J. R., Ratamess, N. A., Kang, J., Mangine, G., Faigenbaum, A., y Stout, J. (2006). Effect of creatine and ß-alanine supplementation on performance and endocrine responses in strength/power athletes. *Internacional Journal Sport Nutrition Exercise Metabolism, 16, 430-446.*
30. Hoffman, J. R., Ratamess, N. A., Ross, R., Kang, J., Magrelli, J., Neese, K., Faigenbaum, A. D., y Wise, J. A. (2008b). β-Alanine and the Hormonal Response to Exercise. *Internacional Journal of Sports Medicine, 29(12), 952-958.*
31. Hoffman, J. R., Stout, J. R., Harris, R. C., y Moran, D. S. (2015). β-Alanine supplementation and military performance. *Amino acids, 47(12), 2463-2474.*
32. Howe, S. T., Bellinger, P. M., Driller, M. W., Shing, C. M., y Fell, J. W. (2013). The effect of beta-alanine supplementation on isokinetic force and cycling performance in highly trained cyclists. *Internacional Journal Sport Nutrition Exercise Metabolism, 23(6), 562-70.*
33. Jordan, T., Lukaszuk, J., Misic, M., y Umoren, J. (2010). Effect of beta-alanine supplementation on the onset of blood lactate accumulation (OBLA) during treadmill running: Pre/post 2 treatment experimental design. *Journal of the international society of sports nutrition, 7(1), 20.*
34. Kendrick, I. P., Harris, R. C., Kim, H. J., Kim, C. K., Dang, V. H., Lam, T. Q., Smith., M., y Wise, J. A. (2008). The effects of 10 weeks of resistance training combined with β-alanine supplementation on whole body strength, force production, muscular endurance and body composition. *Amino acids, 34(4), 547-554.*
35. Kendrick, I. P., Kim, H. J., Harris, R. C., Kim, C. K., Dang, V. H., Lam, T. Q., Bui, T. T., y Wise, J. A. (2009). The effect of 4 weeks β-alanine supplementation and isokinetic training on carnosine concentrations in type I and II human skeletal muscle fibres. *European journal of applied physiology, 106(1), 131-138.*
36. Kern, B. D., y Robinson, T. L. (2011). Effects of β-alanine supplementation on performance and body composition in collegiate wrestlers and football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 25(7), 1804-1815.*
37. Kresta, J. Y., Oliver, J. M., Jagim, A. R., Fluckey, J., Riechman, S., Kelly, K., Rasmussen, C., y Kreider, R. B. (2014). Effects of 28 days of beta-alanine and creatine supplementation on muscle carnosine, body composition and exercise performance in recreationally active females. *Journal of the International Society of Sports Nutrition, 11(1), 1-15.*
38. Ko, R., Dog, T. L., Gorecki, D. K., Cantilena, L. R., Costello, R. B., Evans, W. J., Hardy, M. L., Jordan, S. A., Maughan, R. J., Rankin, J. W., Smith-Ryan, A. E., Valerio, L. G., Jones, D., Deuster, P., Giancaspro, G. I., y Sarma, N. D. (2014). Evidence-based evaluation of potential benefits and safety of beta-alanine supplementation for military personnel. *Nutrition Reviews, 72(3), 217-225.*
39. Nagasawa, T., Yonekura, T., Nishizawa, N., y Kitts, D. D. (2001). In vitro and in vivo inhibition of muscle lipid and protein oxidation by carnosine. *Molecular and cellular biochemistry, 225(1), 29-34.*
40. Okudan, N., Belviranli, M., Pepe, H., y Gökbel, H. (2015). The effects of beta alanine plus creatine administration on performance during repeated bouts of supramaximal exercise in sedentary men. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 55(11), 1322-1328.*
41. Quesnele, J. J., Laframboise, M. A., Wong, J. J., Kim, P., y Wells, G. D. (2014). The effects of beta-alanine supplementation on performance: a systematic review of the literature. *Internacional Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 24(1), 14-27.*
42. Rodríguez, R. F., Delgado, O. A., Rivera, L. P., Tapia, A. V., y Cristi-Montero, C. (2014). Effects of ß-alanine supplementation on Wingate tests in university female footballers. *Nutrición hospitalaria, 31(1), 430-435.*
43. Sale, C., Artioli, G. G., Gualano, B., Saunders, B., Hobson, R. M., y Harris, R. C. (2013). Carnosine: from exercise performance to health. *Amino Acids, 44(6), 1477-1491.*
44. Sale, C., Hill, C. A., Ponte, J., y Harris, R. C. (2012). β-alanine supplementation improves isometric endurance of the knee extensor muscles. *Journal Internacional Society of Sports Nutrition, 9(1), 26.*
45. Sale, C., Saunders, B., Hudson, S., Wise, J. A., Harris, R. C., y Sunderland, C. D. (2011). Effect of beta-alanine plus sodium bicarbonate on high-intensity cycling capacity. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 43(10), 1972–1978.*
46. Saunders, B., Sale, C., Harris, R. C., y Sunderland, C. (2014). Effect of sodium bicarbonate and Beta-alanine on repeated sprints during intermittent exercise performed in hypoxia. *Internacional Journal of Sport and Nutrition Exercise Metabolism, 24(2), 196-205.*
47. Smith, A. E., Moon, J. R., Kendall, K. L., Graef, J. L., Lockwood, C. M., Walter, A. A., Beck, T., Cramer, J., y Stout, J. R. (2009a). The effects of beta-alanine supplementation and high-intensity interval training on neuromuscular fatigue and muscle function. *European journal of applied physiology, 105(3), 357-363.*
48. Smith, A. E., Walter, A. A., Graef, J. L., Kendall, K. L., Moon, J. R., Lockwood, C. M., Fukuda, D. H., Beck, T. W., Cramer, J. T., y Stout, J. R. (2009b). Effects of β-alanine supplementation and high-intensity interval training on endurance performance and body composition in men; a double-blind trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition, 6(1), 1-9.*
49. Smith-Ryan, A. E., Fukuda, D. H., Stout, J. R., y Kendall, K. L. (2012). High-velocity intermittent running: effects of beta-alanine supplementation. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 26(10), 2798-2805.*
50. Stegen, S., Bex, T., Vervaet, C., Vanhee, L., Achten, E., y Derave, W. (2014). β-Alanine dose for maintaining moderately elevated muscle carnosine levels. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 46(7), 1426-1432.*
51. Stegen, S., Blancquaert, L., Everaert, I., Bex, T., Taes, Y., Calders, P., Achten, E., y Derave, W. (2013). Meal and beta-alanine coingestion enhances muscle carnosine loading. *Medicine and Science and Sports Exercise, 45(8), 1478-85.*
52. Stellingwerff, T., Decombaz, J., Harris, R. C., y Boesch, C. (2012). Optimizing human in vivo dosing and delivery of β-alanine supplements for muscle carnosine synthesis. *Amino acids, 43(1), 57-65.*
53. Stout, J. R., Cramer, J. T., Zoeller, R. F., Torok, D., Costa, P., Hoffman, J. R., Harris, R. C., y O'kroy, J. (2007). Effects of β-alanine supplementation on the onset of neuromuscular fatigue and ventilatory threshold in women. *Amino acids, 32(3), 381-386.*

54. Stout, J. R., Graves, B. S., Smith, A. E., Hartman, M. J., Cramer, J. T., Beck, T. W., y Harris, R. C. (2008). The effect of beta-alanine supplementation on neuromuscular fatigue in elderly (55–92 years): a double-blind randomized study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition, 5(1), 1-6.*
55. Sweeney, K. M., Wright, G. A., Brice, A. G., y Doberstein, S. T. (2010). The effect of β-alanine supplementation on power performance during repeated sprint activity. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 24(1), 79-87.*
56. Tobias, G., Benatti, F. B., de Salles Painelli, V., Roschel, H., Gualano, B., Sale, C., Harris, R. C., Lancha, A. H., y Artioli, G. G. (2013). Additive effects of beta-alanine and sodium bicarbonate on upper-body intermittent performance. *Amino Acids, 45(2), 309-317.*
57. Trexler, E. T., Smith-Ryan, A. E., Stout, J. R., Hoffman, J. R., Wilborn, C. D., Sale, C., Kreider, R. B., Jäger, R., Earnest, C. P., Bannock, L., Campbell, B., Kalman, D., Ziegenfuss, T. N., y Antonio, J. (2015). International society of sports nutrition position stand: Beta-Alanine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition, 12(1), 1-14.*
58. Van Thienen, R., Van Proeyen, K., Eynde, B., Puype, J., Lefere, T., y Hespel, P. (2009). B-Alanine improves sprint performance in endurance cycling. *Medicine and Science and Sports Exercise, 41(4), 898-903.*
59. Zoeller, R. F., Stout, J. R., O'kroy, J. A., Torok, D. J., y Mielke, M. (2007). Effects of 28 days of beta-alanine and creatine monohydrate supplementation on aerobic power, ventilatory and lactate thresholds, and time to exhaustion. *Amino acids, 33(3), 505-510.*