
Influencia de la suplementación con β -alanina en el rendimiento glucolítico.



Alumno: Iván Aracil Cerdán

Trabajo Fin de Grado

Opción: Revisión Bibliográfica

Titulación: Ciencias de las Actividades Físicas y del Deporte

Curso académico: 2014-2015

Tutor académico: Raúl López Grueso

Universidad Miguel Hernandez

ÍNDICE	
CONTEXTUALIZACIÓN	3
PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN.....	4
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
DISCUSIÓN.....	8
CONCLUSIÓN	14
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.....	14
BIBLIOGRAFÍA	15



CONTEXTUALIZACIÓN

Una de las teorías más aceptadas en la actualidad es que la fatiga es debida a la caída del pH muscular (Fitts, 1994), sobretodo en actividades que dependen principalmente del sistema energético glucolítico (actividades de gran intensidad que duran entre 30 segundos y varios minutos). Ese descenso del pH es producido por la acumulación de iones de hidrogeno (H^+), los cuales son producidos por la glucólisis anaeróbica, que transforma la glucosa en ácido pirúvico, éste produce ácido láctico y éste a su vez tiene como resultado final el lactato y H^+ . El pH más bajo, y la máxima concentración de H^+ ocurre después de 4 minutos de ejercicio intenso, aproximadamente (Osnes & Hermansen, 1972). En esfuerzos de menor duración (menor de 30 segundos), esta acumulación de H^+ no se considera la primera causa de fatiga (Bogdanis, Nevill, Lakony & Boobis, 1998). La acidosis interfiere con varios procesos metabólicos que resultarán en una producción de fuerza reducida y fatiga (Spriet, Lindinger, McKelvie, Heigenhauser & Jones, 1989). El lactato, sin embargo, por sí mismo no tiene relación directa en la función contráctil y la obtención de energía (Cairns, 2006) como antiguamente se pensaba. Por eso, cualquier estrategia que mejore el equilibrio ácido-base podría ser potencialmente ergogénica.

El cuerpo humano tiene un sistema de regulación ácido-base para cuando se produce la acidosis inducida por el ejercicio de alta intensidad, llamado sistema tampón o buffer, el cual está constituido por bicarbonato, fosfatos, proteínas y aminoácidos. En cuanto a la actividad de tamponamiento de las proteínas, péptidos y aminoácidos se producen dentro de la célula y se llevan a cabo solo por las moléculas que muestran grupos imidazol (Abe, 2000). El grupo imidazol se encuentra en dipéptidos que contienen L-histidina tales como la carnosina, anserina y balenina. Entre ellos, sólo la carnosina se puede encontrar en los seres humanos, la cual se encuentra en el tejido muscular en concentraciones cerca de los 20-25 mmol/kg de músculo seco (Mannion, Jakeman, Dunnet, Harris & William, 1992), aunque la concentración de carnosina es de 1,5 a 2 veces mayor en las fibras Tipo II que en las fibras Tipo I (Kendrick et al. 2009). El mayor efecto documentado de la carnosina es el de mantener la homeostasis ácido-base (Harris et al. 2006). Teniendo en cuenta que las cantidades de bicarbonato y fosfatos están limitadas por su participación en otras reacciones intracelulares, el aumento del contenido de carnosina se convierte en una estrategia prometedora para mejorar la capacidad total del efecto tampón en el músculo esquelético.

La carnosina se sintetiza "in situ" en el músculo por la carnosina sintetasa desde la beta-alanina (BA) y la histidina, y degradada por la dipeptidasa extracelular, carnosinasa. La síntesis en el músculo está limitada por la disponibilidad de BA producida por la degradación del uracilo en el hígado, aumentada por la ingestión de BA que contienen los dipeptidos de histidina que se encuentran en la carne (Harris & Sale, 2009). Los sujetos vegetarianos, privados de una fuente dietética, contienen concentraciones de carnosina muscular inferiores, entre 10 y 14 mmol/kg de musculo seco (Harris et al. 2007).

Por lo tanto, la suplementación con BA sería por lo menos interesante, ya que está demostrado que aumenta los niveles de carnosina (Harris et al. 2006). Suzuki, Ito, Mukai, Takahashi y Takamatsu (2002), demostraron que hay una fuerte relación positiva entre las concentraciones de carnosina y el rendimiento en el test Wingate, especialmente en los segundos finales del test, cuando la acidosis es más evidente.

Las especialidades de Resistencia de Duración Corta (RDC) y Resistencia de Duración Media (RDM) según el plano bioenergético de García-Verdugo (2007) están limitadas por la bajada de pH.

Mejorando la capacidad tampón gracias a la BA, sería interesante ver el efecto que tiene en el metabolismo en ejercicios de RDM según el plano bioenergético desde el minuto y medio de actividad hasta los ocho minutos. El objetivo de esta revisión es analizar los diferentes estudios que estudian los efectos de la BA en esa zona del plano bioenergético.

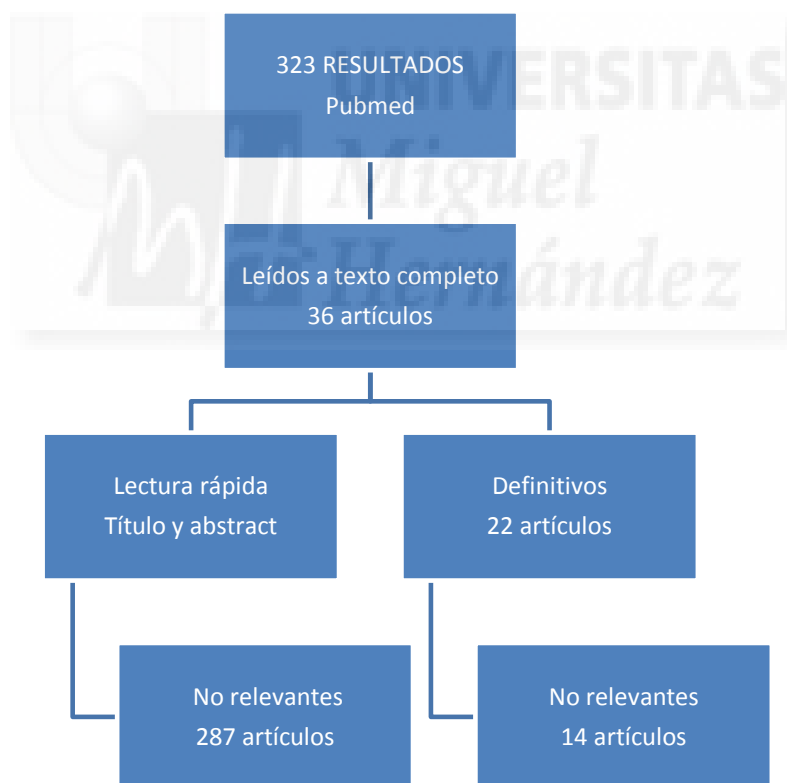
PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN

Esta revisión fue realizada siguiendo las instrucciones que propone la guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-analyses) (Urrutia & Bonfill, 2010).

Se ha realizado una búsqueda en Pubmed con las siguientes palabras clave (enlazando β -alanine con el resto de palabras clave con el conector AND):

- β -alanine
- creatine
- sodium bicarbonate
- anaerobic threshold
- anaerobic glycolysis
- sport performance

Para seleccionar los artículos se siguieron los criterios de inclusión: (1) que estos fueran de ejercicios comprendidos entre un tiempo de 90 segundos y 10 minutos, no importando la plataforma o el lugar donde son realizados (ya sea en tapiz rodante, cicloergómetro, pista, bicicleta o piscina), en pruebas específicas o competición, y ni si son de carácter continuo o intermitente. También se seleccionaron (2) aquellos que tuviesen un grupo control o con toma de placebo para comparar los resultados.



REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Referencias	Suplemento	Sujetos	Dosis	Tiempo de ingesta	Método de control	Efectividad
Kern et al (2009)	BA	22 luchadores (10 grupo experimental, 12 grupo placebo) y 15 futbolistas (8 grupo experimental, 7 grupo PL)	4 g/día	8 semanas	Tiempo en 300 yd., isométrico a 90° de flexión de codo, composición corporal y lactato acumulado en sangre	Mejora de 300 yd. e isométrico en futbolistas. Ambos grupos aumentan la masa libre de grasa en mayor medida que el grupo control.
Walter et al (2010)	BA	44 mujeres entrenadas recreacionalmente (14 grupo BA, 19 placebo y 11 grupo PL)	6 g/día primeras 4 semanas, después 3 g/día	6 semanas	En cicloergómetro, después de 5 min de calentamiento a 50W, la intensidad aumenta 25W cada 2 min. La prueba termina cuando no es capaz de mantener 60 rpm.	Aumento de la masa corporal mayor en el grupo BA. Sin cambios significativos en el %grasa, masa magra, VO ₂ Máx y umbral ventilatorio entre grupos.
Smith-Ryan et al (2012)	BA	50 sujetos entrenados recreacionalmente (26 grupo BA, 24 grupo placebo)	4'8 g/día	4 semanas	3 carreras hasta el agotamiento al 100, 90 y 115% de la velocidad pico con 15 s de descanso entre ellas.	No hubo mejoras en el tiempo hasta el agotamiento, acumulación de lactato ni en la capacidad anaeróbica.
Chung et al (2012)	BA	60 nadadores de élite (30 grupo PL, 30 grupo experimental)	4'8 g/día durante la fase de carga las primeras 4 semanas. 3'2 g/día en las restantes	10 semanas	Pruebas de 50, 100, 200 y 400 m, tanto en entrenamientos como competición, analizando el lactato y bicarbonato acumulado en sangre.	Mejoras significativas en el grupo con BA tras 4 semanas, pero en las posteriores se pierden dichas mejoras.
Jordan et al (2010)	BA	17 hombres recreativamente activos y que realizan running 3 veces por semana (9 grupo PL, 8 grupo experimental)	6 g/día	4 semanas	Carrera continua en cinta rodante. Empieza a 9'6 km/h, y cada 3 min aumenta la velocidad un 2%. Al quinto aumento aumenta hasta un 3%.	Retraso de la acumulación aguda de lactato en el grupo suplementado con BA.
Jagim (2010)	BA	21 hombres entrenados en deportes como lucha, rugby o que practican ejercicios de fuerza. (PL=11, BA=10)	La primera semana la dosis fue de 4 g/día y las siguientes 6 g/día	5 semanas	Test en tapiz rodante al 140 y 110% del VO ₂ Max, previamente calculado, hasta el agotamiento, analizando el lactato en sangre.	No hay efectos beneficiosos significativos para ninguna de las dos pruebas en el grupo experimental.
Stout et al (2006)	BA	22 mujeres (11 en el grupo experimental y 11 en el grupo PL)	3'2 g/día durante la primera semana y 6'4 g/día el resto	4 semanas	Test incremental continuo en cicloergómetro. Empieza a 40W, y va aumentando 20W cada 3 minutos hasta que no es capaz de mantener 70 rpm.	Aumento en el umbral ventilatorio, capacidad de trabajo en el umbral de fatiga y tiempo hasta el agotamiento en el grupo experimental. No hay mejoras en el VO ₂ Max.
Del Favero et al (2012)	BA	18 sujetos entre 60 y 80 años (12 en el grupo experimental y 6 en el grupo PL)	3'2 g/día	12 semanas	Test incremental en tapiz rodante. Empieza a 1'5 mph y se incrementa un 2% cada minuto hasta el agotamiento.	Mejora significativa del grupo experimental en el contenido de carnosina muscular y tiempo hasta el agotamiento en la prueba de tapiz rodante.

Van Thienen et al (2009)	BA	17 ciclistas (9 grupo experimental, 8 grupo PL)	La semana 1 y 2 → 2 g/día. La semana 3 y 4 → 3 g/día, Las semanas 5 a 8 → 4 g/día	8 semanas	Simulación de carrera de 110 min, con intervalos al 50 y 90% (cambiando cada 10 min) del MaxLax previamente medido. Al finalizar, comenzaba otro ejercicio de 10 min al 100% del MaxLax. Al finalizar, hacían 5 min al 50% del MaxLax, y por último, un sprint máximo de 30 s.	Se produjo un aumento en el rendimiento en el grupo experimental con una mayor producción en el pico y media de potencia en el sprint final, mientras que ambos grupos tuvieron valores similares de lactato.
Ducker et al (2013)	BA	16 remeros entrenados (7 en el grupo experimental y 9 en el grupo placebo)	7 g/día aproximadamente	4 semanas	Competición de 2000 m remando	Aunque no hay mejoras significativas, el grupo experimental disminuyó sus tiempos de carrera.
Zoeller et al (2007)	BA y Cr	55 hombres (13 grupo PL; 12 grupo Cr, 14 grupo BA; 16 grupo Cr+BA)	5'25 g de Cr y 1'6 g de BA por día	4 semanas	Test incremental en cicloergómetro que empieza a 30W y aumenta la potencia en 30W cada 2 min hasta que no puede más.	El grupo BA mejoró la potencia y el umbral láctico. El grupo Cr mejoró la potencia. Mientras que el grupo Cr+BA mejoró en 5 de los 8 índices medidos de resistencia cardiorrespiratoria.
Hoffman et al (2006)	BA y Cr	33 atletas de fuerza-potencia (12 grupo placebo, 11 grupo suplementos combinados y 10 grupo creatina solamente)	10'5 g de Cr y 3'2 g de BA por día	10 semanas	Wingate anaerobic power test, además de diferentes pruebas de fuerza.	Sin mejoras significativas en los test anaeróbicos. Mejoras en el % grasa corporal, masa libre de grasa, fuerza en squat y press de banca y volumen de entrenamiento.
Stout et al (2006)	BA y Cr	51 sujetos (13 grupo PL, 12 grupo Cr, 12 grupo BA, 14 grupo Cr+BA)	5'25 g de Cr y 1'6 g de BA por día	4 semanas	Prueba en cicloergometro incremental, empiezan a 60W (70 rpm) y cada 2 min suben 30W hasta que no puede mantener las 70 rpm.	Los resultados muestran que la BA puede retrasar la fatiga neuromuscular aguda, sin efectos adicionales del añadido de creatina.
Okudan et al (2014)	BA y Cr	44 hombres no entrenados (11 grupo placebo, 11 grupo BA, 11 grupo Cr, 11 grupo Cr+BA)	5 g de Cr y 1'6 g de BA por día	4 semanas	Test Wingate	La potencia máxima aumento en el grupo suplementado con creatina. La potencia media aumentó en el grupo que tomó ambos suplementos. El índice de fatiga no cambió en ningún grupo.
Spradley et al (2012)	BA, Cr, BCAAs, citrulina y cafeína	12 sujetos que entrenan recreacionalmente (6 grupo experimental, 6 grupo PL)	6 g de BCAAs, 5 g de Cr, 4 g de BA, 1'5 g de citrulina, 300 g de cafeína por servicio	3 semanas	Test que consiste en 3 sprints de 10 s con 10 s de descanso al 110, 100 y 90% de la velocidad pico en la prueba de VO ₂ Max. Además de tests de tiempo de reacción y fuerza.	No tiene efectos en la capacidad anaeróbica ni en la velocidad crítica. Mejora la resistencia muscular y el tiempo de reacción.
Bellinger et al (2012)	BA y SB	14 ciclistas entrenados (7 grupo placebo, 7 grupo experimental con BA. Todos consumían SB de manera aguda en alguno de los test)	65 mg/Kg de BA y 0'3 g/kg SB de forma aguda	4 semanas	Test de 4 min en cicloergómetro midiendo el pico y la potencia media y el trabajo total realizado.	La suplementación con BA apenas tiene mejoras, mientras que con SB sí tiene mejoras en la potencia media y el trabajo total. Mínimo efecto adicional con la combinación de ambas.

Hobson et al (2013)	BA y SB	20 remeros entrenados (10 grupo placebo, 10 grupo BA. Todos consumían SB de manera aguda en alguno de los test)	6'4 g de BA y 0'3 g/kg de SB de forma aguda	4 semanas	Prueba de 2000 m en remo	Mejora de tiempos con la ingestión de BA sola. También hay mejora de tiempos con bicarbonato, pero en menor medida. Efectos beneficiosos posibles con la combinación de ambos.
Sale et al (2011)	BA y SB	20 sujetos los cuales realizan frecuentemente actividades de alta intensidad (10 grupo placebo, 10 grupo BA. Todos consumían bicarbonato de manera aguda en algunos de los test)	6'4 g de BA y 0'3 g/kg de SB de forma aguda	4 semanas	Test en cicloergómetro al 110% de la potencia máxima previamente calculada hasta agotamiento.	Mejora significativa en tiempo hasta el agotamiento y trabajo total realizado con BA, pero el SB no ofrece ningún beneficio adicional.
Saunders et al (2014)	BA y SB	Estudio A: 20 sujetos (10 grupo suplementado con bicarbonato, 10 grupo placebo) Estudio B: 16 sujetos (8 grupo BA, 8 grupo placebo), se añade bicarbonato a ambos grupos de forma aguda.	6'4 g de BA, 3'2 g ultima semana; y 0'3 g/kg de SB de forma aguda	5 semanas	3 series de 5 sprints repetidos de 6 segundos de duración con 24 segundos de recuperación entre ellos en tapiz rodante en cámara de hipoxia simulando 2500 m de altura con un 15'5% de oxígeno.	No hay mejora de las cualidades en ningún grupo.
De Salles Pianelli et al (2013)	BA y SB	Estudio A: 16 nadadores (9 grupo BA, 7 grupo placebo) Estudio B: 14 nadadores (7 grupo BA, 7 grupo placebo), se añade bicarbonato a ambos grupos de forma aguda.	Estudio A: 3'2 g/día la primera semana, 6'4 g/día resto Estudio B: 3'2 g/día la primera semana, 6'4 g/día resto y 0'3 g/kg SB de forma aguda	Estudio A: 5 semanas Estudio B: 4 semanas	Carreras de simulación de competición de 100 y 200 metros estilo libre.	La BA y el SB mejoran el tiempo en 200 m, y tienden a aumentarlo en 100 m. La coingesta de ambos, aumentó aun más el rendimiento.
Tobias et al (2013)	BA y SB	37 sujetos que practican deportes de lucha (9 grupo placebo. 10 grupo BA+PL, 9 grupo PL+SB, 9 grupo BA+SB)	6'4 g/día de BA, 500 mg/kg de SB	4 semanas con BA, últimos 7 días añade bicarbonato sódico	4 series de test Wingate en tren superior con recuperación activa entre ellos. Se midió el pico y la media de potencia y el trabajo total realizados.	La potencia media y el pico de potencia aumentaron significativamente con BA la 2ª y 3ª serie. Con SB mejora en la 4ª serie. Coingesta, hay mejora en las 4 series. El trabajo total aumentó con BA y SB, y más con coingesta.
Ducker et al (2013)	BA y SB	24 sujetos que practican deportes de equipo (6 grupo BA, 6 grupo SB, 6 grupo BA+SB, 6 grupo PL)	6 g/día de BA y 0'3 g/kg de SB de forma aguda	28 días con BA, SB de manera aguda (60-90 min antes)	3 series de 6 sprint de 20 m cada 25 s, con 4 min de recuperación activa. Se midió también lactato y pH sanguíneo.	Mejora con SB y ligera mejora con grupo que combinó suplementos. Se registraron valores de lactato y pH más altos en estos dos grupos.

BA: beta-alanina; SB: Bicarbonato Sódico; PL: Placebo; Cr: Creatina Monohidrato; BCAAs: Aminoácidos ramificados.

DISCUSIÓN

Se han analizado un total de 22 estudios (como podemos ver en la tabla 1), algunos de los cuales añaden otros suplementos, como pueden ser creatina o bicarbonato sódico, para potenciar los efectos de la BA en ejercicios de alta intensidad. En total se ha analizado a un total de 681 participantes en los estudios, de los cuales 316 han sido suplementados con BA, 275 como grupo control, los cuales tomaban un placebo, 115 con otros suplementos además de BA. Por lo general, se ha estudiado en personas activas recreacionalmente de mediana edad, aunque también hay estudios en personas mayores, y deportistas de élite, siendo dispares los resultados, según el grupo de población estudiado.

Efectos de la BA

Los resultados, en general, nos muestran que la BA puede tener efectos beneficiosos en el rendimiento de los deportistas como así muestran los estudios de Del Favero et al (2012); Jordan, Lukaszuk, Misic & Umoren (2010); Kern & Robinson (2009); Stout, Cramer, Mielke, O'kroy, Torok & Zoeller (2006) y Van Thienen, Van Proeyen, Vanden Eynde, Puype, Lefere & Hespel (2009) de los 10 artículos que habían experimentado con la suplementación de BA solamente. En estos estudios, se vieron mejorados el tiempo hasta el agotamiento, el umbral ventilatorio, la capacidad de trabajo, el retraso de la acumulación aguda de lactato y el pico y la media de potencia. Siendo uno de ellos sobre personas mayores (Del Favero et al. 2012), entre 60 y 80 años, el cual tuvo como resultado un aumento de la carnosina intramuscular y aumento del tiempo hasta el agotamiento, mostrando que puede ser de gran ayuda para la práctica de actividad física en personas mayores y que estas vean mejorada su salud mediante la misma, siendo más cómoda la realización de los ejercicios. Sin embargo, no tuvieron resultados positivos ni Ducker, Dawson & Wallman (2013), Chung et al. (2012), Kern & Robinson (2009), Walter, Smith, Kendall, Stout & Cramer (2010), ni Walter et al. (2010). Hubo un artículo que midió los tiempos de competición de 2000 metros en remo tras la suplementación con BA (Ducker et al. 2013) que, aunque hubo mejora, esta no fue significativa. Otro estudio (Chung et al. 2012) también estudió los posibles efectos del suplemento en nadadores en competiciones de 50, 100, 200 y 400 metros, aunque en este caso la mejora fue significativa a las 4 semanas de suplementación, pero perdiéndose dichos beneficios al cabo de las 10 semanas de la misma. También se ha visto aumentos de la masa corporal (Kern et al. 2009; Walter et al. 2010), siendo en el estudio de Kern et al. (2009) de masa magra, no así en el estudio de Walter et al. (2010) en el cual no hubo mejoras en el % de grasa ni en la masa magra. Y Van Thienen et al. (2009) que comprobó la eficacia de la BA en ciclistas después de una simulación de 110' de carrera, la cual al finalizar la misma, realizaban un sprint final de 30'', y vieron como mejoraba el rendimiento en el pico de potencia y la potencia media tras la suplementación con BA en el sprint final, registrando valores similares al grupo placebo durante la carrera.

Tests utilizados y cualidades físicas estudiadas

La mayoría de tests utilizados en las mediciones de laboratorio se tratan de tests incrementales hasta el agotamiento (del Favero et al. 2012; Jagim, Wright, Brice & Doberstein 2010; Jordan et al. 2010; Smith-Ryan, Fukuda, Stout & Kendall, 2012; Stout et al. 2006; Walter, Smith, Kendall, Stout & Cramer, 2010; Zoeller, Stout, O'kroy, Torok & Mielke, 2007). Si analizamos los resultados de los mismos, observamos mayores beneficios de la BA como suplemento en el aumento de la capacidad de trabajo y sus beneficios potenciales como efecto tampón (Castell, Burke, Stear, McNaughton & Harris, 2010). Este efecto es máximo cuando el pH está más bajo y, por lo tanto, la máxima acumulación de H⁺, aproximadamente a los 4 minutos de ejercicio de alta intensidad (Osnes et al. 1972). También podemos ver los beneficios de la acción de la BA cuando se estudia el pico y media de potencia del ejercicio, así

como la capacidad de trabajo total (Okudan, Belviranlı, Pepe & Gökbel, 2014; Sale, Saunders, Hudson, Wise, Harris & Sunderland, 2011; Stout et al. 2006; Tobias et al. 2013; Van Thienen et al. 2009; Zoeller et al. 2007). Este suplemento también puede ser de gran ayuda en deportistas de resistencia de larga duración, como comprobó Van Thienen et al. (2009), que tras 110' de simulación de carrera, realizaron un sprint de 30 segundos, en los que el grupo suplementado con BA mejoró los registros en el pico y la potencia media, lo que puede suponer la diferencia entre ganar o perder una carrera en el sprint final.

Sin embargo, los resultados no son tan positivos cuando se estudian otras cualidades como pueden ser el VO₂Max (Stout et al. 2006; Walter et al. 2013; Zoeller et al. 2007), la fuerza (Kern et al. 2009), en ejercicio intermitente (Saunders et al. 2014), la capacidad anaeróbica (Spradley et al. 2012) ni en la composición corporal (Walter et al. 2012), aunque estos resultados son esperados ya que el sistema tampón del organismo no tiene tanta relevancia en este tipo de ejercicios.

Dosis

Referencias	Dosis (en gramos)						Duración	Combinado	Efecto de la BA	
	1ª toma		2ª Toma		3ª Toma					Total
	Total	g/día	Total	g/día	Total	g/día				
Zoeller et al (2007)	44,8	1,6					44,8	4 semanas	Creatina	✓
Stout et al (2006)	44,8	1,6					44,8	4 semanas	Creatina	✓
Okudan et al (2014)	44,8	1,6					44,8	4 semanas	Creatina	✗
Spradley et al (2012)	84	4					84	3 semanas	Creatina, citrulina y cafeína	✗
Kern et al (2009)	112	4					112	8 semanas		✓
Bellinger et al (2012)	134	4,7					134	4 semanas	NaHCO ₃	✗
Smith-Ryan et al (2012)	134,4	4,8					134,4	4 semanas		✗
Van Thienen et al (2009)	28	2	42	3	84	4	154	8 semanas		✓
Stout et al (2006)	22,4	3,2	134,4	6,4			156,8	4 semanas		✓
Jordan et al (2010)	168	6					168	4 semanas		✓
Ducker et al (2013)	168	6					168	4 semanas	NaHCO ₃	✗
Hobson et al (2013)	179,2	6,4					179,2	4 semanas	NaHCO ₃	✓
Sale et al (2011)	179,2	6,4					179,2	4 semanas	NaHCO ₃	✓
Tobias et al (2013)	179,2	6,4					179,2	4 semanas	NaHCO ₃	✓

Jagim (2010)	28	4	168	6			196	5 semanas		x
Ducker et al (2013)	196	7					196	4 semanas		✓x
De Salles Pianelli et al (2013)	22,4 (Est. A)	3,2	179,2	6,4			201,6	5 semanas	NaHCO ₃	✓
	22,4 (Est. B)	3,2	134,4	6,4			156,8	4 semanas	NaHCO ₃	✓
Saunders et al (2014)	179,2	6,4	22,4	3,2			201,6	5 semanas	NaHCO ₃	x
Walter et al (2010)	168	6	42	3			210	6 semanas		x
Hoffman et al (2006)	224	3,2					224	10 semanas	Creatina	x
Chung et al (2012)	134,4	4,8	134,4	3,2			268,8	10 semanas		✓x
Del Favero et al (2012)	268,8	3,2					268,8	12 semanas		✓

En la tabla podemos ver la gran variedad en las dosis empleadas de los estudios, pero por lo general, los rangos suelen oscilar entre 3-6 g/día, aunque en algunos casos no llegan apenas a los 2 g/día, y con una duración de la suplementación también variable, que suele oscilar entre 3 y 10 semanas. Si calculamos el total de las dosis administradas a los sujetos, vemos como las cifras varían desde 44,8 a 268,8 gramos según podemos ver en la tabla 2 (ordenados de menor a mayor ingesta de BA). Algunos autores emplean protocolos en los que cambian la dosis a lo largo del tiempo del estudio, ya sea haciendo una fase de inicio con una dosis reducida para aumentarla en la segunda o tercera semana, lo que parece tener efectos positivos en el rendimiento (De Salles Pianelli et al, 2013; Van Thienen et al, 2009) o reducir la dosis las últimas semanas del experimento, con resultados negativos, lo cual nos dice que una toma inicial de carga y después una toma de mantenimiento, no tendría efectos positivos sobre el rendimiento. Lo que sí que parece claro es que una mayor dosis inicial, conllevará a una mayor síntesis de carnosina muscular como vieron Stellingwerff et al. (2012) en su estudio. Así también lo confirma el estudio de Chung et al. (2012), el cual administró 4'8 g/día durante 4 semanas a 30 nadadores de élite, los cuales aumentaron su rendimiento, disminuyendo así sus tiempos de competición, para después pasar a una dosis inferior de 3'2 g/día y perdiendo a las 10 semanas los resultados positivos obtenidos tras el primer periodo de suplementación y administrando un total de 268,8 g del suplemento (confirmando así que una fase de mantenimiento con una dosis menor puede ser contraproducente). Pero si miramos al total de BA ingerida por los sujetos de todos los estudios (tabla 2), vemos que hay efectos positivos tanto en dosis altas como en dosis pequeñas. En el estudio de Zoeller et al. (2007), en el que un grupo de 14 personas ingirió un total de 44,8 g de BA en 4 semanas, se pudo observar como mejoraban la potencia y el umbral láctico, comparándolo con sujetos que ingirieron creatina y un placebo. Stout et al. (2006) vieron como con la misma cantidad de BA se retrasaba la fatiga neuromuscular aguda. Aunque sin embargo, Okudan et al. (2014), también con la misma cantidad del suplemento, no hubo variaciones en la potencia media, máxima ni el índice de fatiga.

Efectos secundarios de la BA

Puede que la ingesta de BA tenga efectos secundarios, como registró Harris et al. (2006), el cual experimentó con diferentes dosis: 40 mg/kg, 20 mg/Kg y 10 mg/kg de masa corporal. Se pudo comprobar como con la dosis más alta de BA, 20 minutos después de la ingesta de la capsula, algunos sujetos empezaban a notar síntomas de parestesia y estos finalizaban después de 60 minutos, aunque lograban un mayor pico de BA en sangre. La dosis intermedia resultó en un menor pico de BA en sangre, acompañada de los síntomas de parestesia, los cuales eran menos frecuentes e intensos. Por otra parte, la dosis mas pequeña no tuvo efectos significantes de parestesias, pero tuvo un discreto pico de BA en sangre. Esto demuestra que la máxima dosis aguda tolerada es de 10 mg/kg de masa corporal, que corresponde a una media de 800 mg de BA. También se comprobó que la BA ingerida en las comidas, puede aumentar su eficiencia, mostrando un pico mayor en sangre, lo cual significa que la insulina puede jugar un rol estimulante en la absorción de la misma (Stegen et al. 2013). También el entrenamiento puede influir en su eficiencia, ya que Bex et al. (2014) vieron que habían diferencias en la cantidad de BA muscular medida en el tríceps sural medida en sujetos no deportistas y sujetos que hacen Kayak (los cuales no realizan entrenamiento de piernas) y sujetos que practicaban natación y ciclismo, registrando los valores más altos de BA aquellos sujetos que sí entrenaban piernas.

Cantidades

Cuando observamos los estudios con las mayores cantidades de BA ingerida, los resultados no son tan claros. Hay 5 estudios que emplearon cantidades por encima de los 200 g, y dos estudios que emplearon una cantidad muy cercana a esta cifra. De esos estudios vemos como por ejemplo, no hay beneficios en el umbral ventilatorio en el estudio de Walter et al. (2010) usando 210 g de BA en total, ni tampoco mejoras en el test Wingate en el estudio de Hoffman et al. (2006) usando 226 g en total. En dos estudios que emplearon 196 g, en el estudio de Jagim et al. (2013) no observaron efectos significativos en el test al 140% y al 110% del VO₂Max hasta el agotamiento, y en el estudio de Ducker et al. (2013) tampoco observaron cambios significativos en los tiempos de carrera en pruebas de 2000 m remando. Y de los dos estudios que utilizaron una cantidad de BA de 201,6 g en total, Saunders et al. (2013) observaron que no tenia efectos en sprints repetidos, mientras que De Salles Pianelli et al. (2013) observaron que sí que tenía efectos positivos en los 100 y 200 m estilo libre de natación. Puede que algunos de estos estudios no sean del todo relevante, ya que el tipo de test utilizado para ver sus beneficios no sea del todo adecuado para comprobar los beneficios de la BA, como pueden ser el test Wingate o los sprints repetidos.

Cantidades de los otros suplementos

Referencia	Suplemento combinado	Dosis	Duración de la toma	Efecto
Zoeller et al (2007)	Creatina	5'25 g/día	4 semanas	✓
Hoffman et al (2006)	Creatina	10'5 g/día	10 semanas	✗
Stout et al (2006)	Creatina	5'25 g/día	4 semanas	✗
Okudan et al (2014)	Creatina	5 g/día	4 semanas	✓
Spradley et al (2012)	Creatina	5 g/día	3 semanas	✓
Bellinger et al (2012)	Bicarbonato sódico	0'3 g/kg	De forma aguda	✓
Hobson et al (2013)	Bicarbonato sódico	0'3 g/kg	De forma aguda	✓

Sale et al (2011)	Bicarbonato sódico	0'3 g/kg	De forma aguda	x
Saunders et al (2014)	Bicarbonato sódico	0'3 g/kg	De forma aguda	x
De Salles Pianelli et al (2013)	Bicarbonato sódico	0'3 g/kg	De forma aguda	✓
Tobias et al (2013)	Bicarbonato sódico	0'5 g/kg	7 últimos días	✓
Ducker et al (2013)	Bicarbonato sódico	0'3 g/kg	De forma aguda	✓

Cuando se toma de manera combinada con creatina, se le suele añadir 5 g de la misma a la fórmula (Okudan et al. 2014; Stout et al. 2006; Spradley et al. 2012; Zoeller et al. 2007), aunque Hoffman, Ratamess, Kang, Mangine, Faigenbaum & Stout (2006) llegan a añadir hasta 10 g. Y cuando se le añade bicarbonato sódico, por lo general de forma aguda antes de realizar las pruebas, 0'3 g/kg de masa magra (Bellinger, Hows, Shing & Fell, 2012; Ducker, Dawson & Wallman, 2013; Hobson et al. 2013; de Salles Pianelli et al. 2013; Saunders, Sale, Harris & Sunderland, 2014; Sale et al. 2011).

Combinada con otros suplementos

En varios de los estudios analizados, la suplementación con BA ha sido combinada con varios suplementos (creatina o Bicarbonato Sódico) para así potenciar y combinar los posibles efectos que pudieran tener ambos suplementos.

BA más creatina:

En cuanto a la suplementación con creatina, parece ser que este es uno de los suplementos más estudiados y más utilizados por los atletas en los últimos tiempos, ya que más del 48% de los atletas federados la usan o la habían usado durante su preparación para la competición, y más del 80% cuando estos se trataban de atletas de fuerza-potencia (LaBotz & Smith, 1999).

Las funciones de la suplementación con creatina es principalmente aumentar el rendimiento en ejercicios de corta duración y alta intensidad al aumentar los depósitos de fosfocreatina, aunque también tiene funciones como búfer de protones, controladora de la fosforilación oxidativa y anabólica (González, García López & Herrero Alonso, 2003). Al parecer, la suplementación con BA tiene efectos sobre la capacidad tampón del organismo, mejorando los índices de fatiga en el ejercicio anaeróbico, la combinación con creatina puede potenciar estos efectos, ya que se sabe que también mejora los índices de fatiga en el ejercicio anaeróbico de manera aislada (Hoffman, Stout, Falvo, Kang & Ratamess, 2005).

Cuando analizamos los estudios vemos que, combinada con creatina, los resultados son dispares, ya que de 5 artículos estudiados que la combinan, 3 concluyen que la combinación de estos suplementos no tiene ningún efecto adicional (Hoffman et al. 2006; Stout et al. 2006; Spradley et al. 2012). Okudan et al. (2014) y Zoeller et al. (2007), en cambio, sí que encontraron efectos beneficiosos con la combinación de ambos suplementos. Dos artículos muestran que la combinación de BA y creatina puede tener efectos adicionales a la toma de manera aislada. En el estudio de Okudan et al. (2014), el grupo que se suplemento con 5 g creatina solamente, aumento la potencia máxima en el test Wingate. Y en el grupo que tomó creatina con 1'6 g de BA durante 28 días, mejoró la potencia media durante dicho test. Y Zoeller et al. (2007), en el que vieron que el grupo suplementado con BA mejoraba la potencia y el umbral láctico, el grupo suplementado con creatina la potencia, mientras que el grupo que ingirió ambos suplementos, mejoró en 5 de los 8 índices medidos de resistencia cardiorrespiratoria en el test incremental en cicloergómetro hasta el agotamiento. De los 3 estudios que no vieron efectos adicionales de la combinación de BA con creatina, Hoffman et al. (2006), no encontró beneficios en la ingesta de los suplementos ni de manera aislada ni de manera en la capacidad anaeróbica. Sí que hubo mejoras de la toma de ambos suplementos y

de creatina de manera aislada en los test de fuerza en squat y press de banca, el volumen de entrenamiento, el % de grasa corporal y la masa libre de grasa, lo que demuestra el efecto de la creatina en la composición corporal y en los ejercicios de fuerza, no estando clara la interacción de la BA en estas cualidades, al no haber un grupo que ingiriera BA solamente para ser comparado con el resto. Sin embargo, el estudio de Stout et al. (2006), observó como el grupo que ingirió BA retrasó la fatiga neuromuscular aguda, no observándose ni beneficios ni efectos adicionales en el grupo que ingirió creatina ni ambos suplementos de manera combinada en un test incremental. Y por ultimo, Spradley et al. (2012), comprobó la eficacia de un compuesto comercial que incluía BA, creatina monohidrato, citrulina y cafeína, no observándose beneficios en la capacidad anaeróbica ni en la velocidad crítica, y sí en la resistencia muscular y en el tiempo de reacción.

BA más Bicarbonato Sódico:

La suplementación aguda (60-90 minutos antes del ejercicio) con Bicarbonato Sódico (0,3 g/kg de masa corporal) se utiliza con el fin de elevar el pH sanguíneo por encima de 7,45 para retrasar la caída de pH asociada al ejercicio de alta intensidad que requiere gran parte del metabolismo anaeróbico (McNaughton, Siegler & Midgley, 2008). Hasta la fecha, se ha podido comprobar los efectos del bicarbonato sódico en pruebas de ejercicios que se asemejan a los requerimientos energéticos de los deportes de equipo y se han visto mejoras en el trabajo total, la potencia ejercida y una disminución en los tiempos de sprints repetidos (Price, Moss & Rance, 2003). La combinación con BA puede ser interesante, ya que mezclaríamos la capacidad tampón de la BA a través de un medio intracelular muscular, aumentando la cantidad de carnosina del mismo, y la capacidad tampón del bicarbonato sódico a través de un medio extracelular, aumentando el pH sanguíneo. 7 de los 22 estudios revisados comprueban los efectos de la combinación de ambos suplementos, comparándolo con su toma por separado, y los resultados muestran que la combinación tiene mínimos efectos adicionales, mientras que su ingesta por separado, sí que muestran beneficios, respaldando unos los posibles efectos beneficiosos de la BA y no del Bicarbonato Sódico, y viceversa. Hobson et al. (2013), vieron una mejora de los tiempos de competición en pruebas de 2000 m en remo con la suplementación de BA de forma aislada, también con Bicarbonato, pero en menor medida. Hablan de un posible efecto beneficioso adicional de la combinación de ambas, pero este no es significativo en los resultados. En el artículo de de Salles Pianelli et al. (2013) en el que se midieron también los tiempos de carreras de natación de 100 y 200 metros estilo libre (cerca de 1 y 2 minutos, respectivamente), sí que observan un aumento del rendimiento mayor con la coingesta de ambos suplementos, mejorándolo también con la ingesta por separado. Cuando miden el rendimiento en ejercicios intermitentes, como sprints repetidos en el estudio de Saunders et al (2014), observan que no hay mejora en ninguno de los grupos experimentales. Sin embargo, Ducker et al. (2013) sí que observaron mejoras en el rendimiento en el grupo que ingirió en el grupo que tomó bicarbonato sódico y en el que combinó ambos suplementos, y además vieron como se registraron valores de lactato y de pH más altos para estos dos grupos en sprints repetidos de 20 metros con recuperación activa. También tuvo mejoras el grupo que se suplementó con bicarbonato en el estudio de Bellinger et al. (2012), en el que los sujetos completaban un test de 4 minutos en cicloergómetro, mejorando el trabajo total y la potencia media y no viéndose este beneficio en los grupos que ingirieron BA y ambos suplementos combinados. Mientras que en el estudio de Sale et al. (2011), hay mejora significativa en el tiempo hasta el agotamiento y el trabajo total realizado en el grupo que ingirió BA en una prueba en cicloergómetro al 110% de la potencia máxima, no viéndose beneficios con el añadido del Bicarbonato Sódico combinado y por separado. Tobias et al. (2013) realizaron un test de 4 series de Wingate en tren superior, con una recuperación activa entre ellos. El grupo que ingirió BA mejoró en la potencia media y el pico de potencia en la 2ª y en la 3ª serie. El grupo que ingirió bicarbonato mejoró en la 4ª, mientras que la combinación de ambas supuso una mejora en las 4 series, demostrando así efectos adicionales en su combinación. El trabajo

total aumentó con ambos suplementos tomados por separados, y se vio una mejora aun mayor con ambos combinados. Mientras que Saunders et al. (2014), no encontró mejoras con ninguno de los dos suplementos, también en un test de sprints repetidos, pero estos se realizaron simulando que se encontraban a 2500 metros de altura.

CONCLUSIÓN

El efecto de la BA como aumento de la carnosina muscular está más que demostrado, pero no así su efecto sobre el rendimiento. Parece que sí tiene efectos sobre la capacidad tampón del organismo, sobre todo en actividades que duran entre 1 y 4 minutos, pero no es así cuando se trata de actividades interválicas. En cuanto a la toma, ha de ser no superior a 10 mg/kg de masa corporal de forma aguda, ya que se han registrado efectos secundarios cuando es mayor. Se necesitan más estudios que analicen cuántas tomas se pueden realizar sin que se observen efectos secundarios, ya que cuanto mayor es el consumo de BA, mayor aumento de la carnosina muscular. Y en cuanto a la combinación de BA con otros suplementos, la combinación con creatina parece no tener efectos beneficiosos, y en cuanto a la combinación Bicarbonato Sódico, ingerido de manera aguda, la combinación puede tener efectos beneficiosos adicionales aunque no son muchos los estudios que refuerzan esta teoría. Se necesitan más estudios para clarificar el efecto de la BA con otros suplementos, ya que son pocos los estudios encontrados que combinen estos suplementos.

PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

La efectividad de la BA se ha demostrado efectiva en ejercicios que duran entre 1 y 10 minutos, siendo el mayor rango estudiado entre 1 y 4 minutos (Blancquaert, Everaert, Derave, 2015). Por lo que sería interesante comprobar su efectividad en ejercicios máximos entre 5 y 8 minutos y también en qué deportes tendría mayor efectividad la ingesta de BA. Para ello, seleccionaríamos un grupo de deportistas, ciclistas profesionales de un nivel homogéneo y que realicen 5 días de entrenamiento por semana, a poder ser, ya que las pruebas se harán en cicloergómetro, y dividirlos en dos grupos en los cuales un grupo tomaría placebo como 1 g de glucosa en cápsulas, y otro grupo ingeriría 10 mg/kg de masa corporal de BA (para evitar efectos secundarios que se manifiestan con dosis mayores), en cápsulas también, cuatro veces al día, ingerida con las comidas (para aprovechar al máximo su absorción). El estudio se haría a doble ciego, evitando así el sesgo propio de los científicos implicados en el estudio.

Teniendo en cuenta que ciclistas profesionales pueden desarrollar cifras entre 190 y 392 W en carreras de entre 167 y 13 km respectivamente (Vogt et al. 2006), se realizará un test incremental en cicloergómetro empezando a 40 W, aumentando 40 W cada minuto hasta llegar al agotamiento, haciendo un tiempo total comprendido entre 5 y 8 minutos aproximadamente (similar al que hicieron Stout et al. 2006). Y pasadas 4 semanas, se haría otro test para comprobar los efectos de la BA. Como se ha demostrado que para una mejor absorción de la misma, debe de haber un entrenamiento, los ciclistas realizarán un entrenamiento semanal que consiste en dos días de rodaje largo con bicicleta, un día de entrenamiento interválico y dos días de entrenamiento de fuerza en gimnasio, todos ellos controlados por los mismos entrenadores que se designen para el estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Abe H. (2000). Role of histidine-related compounds as intracellular proton buffering constituents in vertebrate muscle. *Biochemistry (Mosc)*. 65(7):757–65.
- Bellinger P.M., Howe S.T., Shing C.M., Fell J.W. (2012). Effect of combined β -alanine and sodium bicarbonate supplementation on cycling performance. *Med Sci Sports Exerc*. 44(8), 1545-51. doi: 10.1249/MSS.0b013e31824cc08d.
- Bex T., Chung W., Baguet A., Stegen S., Stautemas J., Achten E., Derave W. (2014). Muscle carnosine loading by beta-alanine & supplementation is more pronounced in trained vs. untrained muscles. *J Appl Physiol* 2014; 116:204–209. doi: 10.1152/jappphysiol.01033
- Blancquaert L., Everaert I., Derave W. (2015). Beta-alanine supplementation, muscle carnosine and exercise performance. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 18(1):63-70. doi: 10.1097/MCO.000000000000127.
- Bogdanis G.C., Nevill M.E., Lakomy H.K., Boobis L.H. (1998). Power output and muscle metabolism during and following recovery from 10 and 20 s of maximal sprint exercise in humans. *Acta Physiol Scand*. 163(3):261-72.
- Cairns S.P. (2006). Lactic acid and exercise performance: culprit or friend? *Sports Med*. 36(4), 279–91.
- Castell L.M., Burke L.M., Stear S.J., McNaughton L.R., Harris R.C. (2010). BJSM reviews: A-Z of nutritional supplements: dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance Part 5. *Br J Sports Med*. 44(1), 77-8. doi: 10.1136/bjism.2009.069989.
- Chung W., Baguet A., Bex T., Bishop D.J., Derave W. (2014). Doubling of muscle carnosine concentration does not improve laboratory 1-hr cycling time-trial performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 24(3), 315-24. doi: 10.1123/ijsnem.2013-0125.
- Chung W., Shaw G., Anderson M.E., Pyne D.B., Saunders P.U., Bishop D.J., Burke L.M. (2012). Effect of 10 week beta-alanine supplementation on competition and training performance in elite swimmers. *Nutrients*. 9;4(10), 1441-53. doi: 10.3390/nu4101441.
- Del Favero S., Roschel H., Solis M.Y., Hayashi A.P., Artioli G.G., Otaduy M.C., Benatti F.B., Harris R.C., Wise J.A., Leite C.C., Pereira R.M., de Sá-Pinto A.L., Lancha-Junior A.H., Gualano B. (2012) Beta-alanine (Carnosyn™) supplementation in elderly subjects (60-80 years): effects on muscle carnosine content and physical capacity. *Amino Acids*. 43(1), 49-56. doi: 10.1007/s00726-011-1190-x.
- De Salles Painelli V., Roschel H., de Jesus F., Sale C., Harris R.C., Solis M.Y., Benatti F.B., Gualano B., Lancha A.H. Jr, Artioli G.G. (2013). The ergogenic effect of beta-alanine combined with sodium bicarbonate on high-intensity swimming performance. *Appl Physiol Nutr Metab*. 38(5), 525-32. doi: 10.1139/apnm-2012-0286.
- Ducker K.J., Dawson B., Wallman K.E. (2013). Effect of beta-alanine supplementation on 2000-m rowing-ergometer performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 23(4), 336-43.
- Ducker K.J., Dawson B., Wallman K.E. (2013). Effect of Beta alanine and sodium bicarbonate supplementation on repeated-sprint performance. *J Strength Cond Res*. 27(12), 3450-60. doi: 10.1519/JSC.0b013e31828fd310.
- Ducker K.J., Dawson B., Wallman K.E. (2013). Effect of beta-alanine supplementation on 800-m running performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 23(6), 554-61.
- Fitts R.H. (1994). Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiol Rev*. 74(1), 49–94.
- García Verdugo, M. (2007). Resistencia y entrenamiento. Una metodología práctica. Badalona: Paidotribo.

- González Boto, R., García López, D., Herrero Alonso, J.A. (2003). La suplementación con creatina en el deporte y su relación con el rendimiento deportivo. *Rev.int.med.cienc.act.fís.deporte*. 3(12), 242-259.
- LaBotz, M., Smith B.W. (1999). Creatine supplement use in an NCAA division I athletic program. *Clin. J. Sports Med*. 9(3), 167-169.
- Harris R.C., Tallon M.J., Dunnett M., Boobis L., Coakley J., Kim H.J., Fallowfield J.L., Hill C.A., Sale C., Wise J.A. (2006). The absorption of orally supplied beta-alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. *Amino Acids*. 30(3):279-289.
- Harris R.C., Sale C. (2009). Beta-alanine supplementation in high-intensity exercise. *Med Sport Sci*. 59, 1-17. doi: 10.1159/000342372.
- Harris R.C., Stellingwerff T. (2013). Effect of β -alanine supplementation on high-intensity exercise performance. *Nestle Nutr Inst Workshop Ser*. 76, 61-71. doi: 10.1159/000350258.
- Harris R.C., Jones G., Hill C.H., Kendrick I.P., Boobis L., Kim C.K., Kim H.J., Dang V.H., Edge J., Wise J.A. (2007). The carnosine content of v. lateralis in vegetarians and omnivores. *FASEB J*. 21, 769.20.
- Hobson R.M., Harris R.C., Martin D., Smith P., Macklin B., Gualano B., Sale C. (2013). Effect of beta-alanine, with and without sodium bicarbonate, on 2000-m rowing performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 23(5), 480-7.
- Hobson R.M., Saunders B., Ball G., Harris R.C., Sale C. (2012). Effects of β -alanine supplementation on exercise performance: a meta-analysis. *Amino Acids*. 43(1), 25-37. doi: 10.1007/s00726-011-1200-z.
- Hoffman J.R., Stout J.R., Falvo M.J., Kang J., and Ratamess N.A. (2005). The effect of low-dose, short-duration creatine supplementation on anaerobic exercise performance. *J. Strength Cond. Res*. 19(2), 260-264.
- Hoffman J., Ratamess N., Kang J., Mangine G., Faigenbaum A., Stout J. (2006). Effect of creatine and beta-alanine supplementation on performance and endocrine responses in strength/power athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 16(4), 430-46.
- Jordan T., Lukaszuk J., Misic M., 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. *J Int Soc Sports Nutr*. 7, 20. doi: 10.1186/1550-2783-7-20.
- Jagim A.R., Wright G.A., Brice A.G., Doberstein S.T. (2013). Effects of beta-alanine supplementation on sprint endurance. *J Strength Cond Res*. 27(2), 526-32. doi: 10.1519/JSC.0b013e318256bedc.
- Kern B.D., Robinson T.L. (2009). Effects of beta-alanine supplementation on performance and body composition in collegiate wrestlers and football players. *J Strength Cond Res*. 25(7), 1804-15. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181e741cf.
- Kendrick I.P., Kim H.J., Harris R.C., Kim CK, Dang VH, Lam TQ, Bui TT, Wise JA. (2009). The effect of 4 weeks b-alanine supplementation and isokinetic training on carnosine concentrations in type I and II human skeletal muscle fibres. *Eur J Appl Physiol*. 106(1), 131–8. doi: 10.1007/s00421-009-0998-5.
- Kresta J.Y., Oliver J.M., Jagim A.R., Fluckey J., Riechman S., Kelly K., Meininger C., Mertens-Talcott S.U., Rasmussen C., 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. *J Int Soc Sports Nutr*. 11(1), 55. doi: 10.1186/s12970-014-0055-6.
- Mannion A.F., Jakeman P.M., Dunnett M., Harris R.C., Willan P.L. (1992). Carnosine and anserine concentrations in the quadriceps femoris muscle of healthy humans. *Eur J Appl Physiol* 64(1), 47–50.

- McNaughton, L.R., Siegler, J., and Midgley, A. (2008). Ergogenic effects of sodium bicarbonate. *Curr Sports Med Rep.* 7(4), 230–236. doi: 10.1249/JSR.0b013e31817ef530.
- Okudan N., Belviranlı M., Pepe H., Gökbel H. (2014). The effects of beta alanine plus creatine administration on performance during repeated bouts of supramaximal exercise in sedentary men. *J Sports Med Phys Fitness.*
- Osnes J.B., Hermansen L. (1972). Acid-base balance after maximal exercise of short duration. *J Appl Physiol* 32(1), 59–63.
- Parkhouse W.S., McKenzie D.C., Hochachka P.W., Ovalle W.K. (1985). Buffering capacity of deproteinized human vastus lateralis muscle. *J Appl Physiol.* 58(1):14–7.
- Price, M., Moss, P., Rance, S. (2003). Effects of sodium bicarbonate ingestion on prolonged intermittent exercise. *Med Sci Sports Exerc* 35(8), 1303–1308.
- Sale C., Saunders B., Hudson S., Wise J.A., Harris R.C., Sunderland C.D. (2011). Effect of β -alanine plus sodium bicarbonate on high-intensity cycling capacity. *Med Sci Sports Exerc.* 43(10), 1972-8. doi: 10.1249/MSS.0b013e3182188501.
- Saunders B., Sale C., Harris R.C., Sunderland C. (2014). Effect of sodium bicarbonate and Beta-alanine on repeated sprints during intermittent exercise performed in hypoxia. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 24(2):196-205. doi: 10.1123/ijsnem.2013-0102.
- Smith-Ryan A.E., Fukuda D.H., Stout J.R., Kendall K.L. (2012). High-velocity intermittent running: effects of beta-alanine supplementation. *J Strength Cond Res.* 26(10), 2798-805.
- Smith A.E., Stout J.R., Kendall K.L., Fukuda D.H., Cramer J.T. (2012). Exercise-induced oxidative stress: the effects of β -alanine supplementation in women. *Amino Acids.* 43(1), 77-90. doi: 10.1007/s00726-011-1158-x.
- Spradley B.D., Crowley K.R., Tai C.Y., Kendall K.L., Fukuda D.H., Esposito E.N., Moon S.E., Moon J.R. (2012). Ingesting a pre-workout supplement containing caffeine, B-vitamins, amino acids, creatine, and beta-alanine before exercise delays fatigue while improving reaction time and muscular endurance. *Nutr Metab (Lond).* 9, 28. doi: 10.1186/1743-7075-9-28.
- Spriet L.L., Lindinger M.I., McKelvie R.S., Heigenhauser G.J.F., Jones N.L. (1989). Muscle glycogenolysis and H^+ concentration during maximal intermittent cycling. *J Appl Physiol* 66:8–13.
- Stegen S., Blancquaert L., Everaert I., Bex T., Taes Y., Calders P., Achten E., Derave W. (2013). Meal and beta-alanine coingestion enhances muscle carnosine loading. *Med Sci Sports Exerc.* 45:1478-85. doi: 10.1249/MSS.0b013e31828ab073.
- Stellingwerff T., Anwander H., Egger A., Buehler T., Kreis R., Decombaz J., Boesch C. Effect of two b-alanine dosing protocols on muscle carnosine synthesis and washout. *Amino Acids.* 42(6), 2461-72. doi: 10.1007/s00726-011-1054-4.
- Stout J.R., Cramer J.T., Zoeller R.F., Torok D., Costa P., Hoffman J.R., Harris R.C., O'Kroy J. (2007). Effects of beta-alanine supplementation on the onset of neuromuscular fatigue and ventilatory threshold in women. *Amino Acids.* 32(3), 381-6.
- Stout J.R., Cramer J.T., Mielke M., O'Kroy J., Torok D.J., Zoeller R.F. (2006). Effects of twenty-eight days of beta-alanine and creatine monohydrate supplementation on the physical working capacity at neuromuscular fatigue threshold. *J Strength Cond Res.* 20(4):928-31.
- Suzuki Y., Ito O., Mukai N., Takahashi H., Takamatsu K. (2002). High level of skeletal muscle carnosine contributes to the latter half of exercise performance during 30-s maximal cycle ergometer sprinting. *Jpn J Physiol.* 52(2):199–205.

- Tobias G., Benatti F.B., de Salles Painelli V., Roschel H., Gualano B., Sale C., Harris R.C., Lancha A.H. Jr, Artioli G.G. (2013). Additive effects of beta-alanine and sodium bicarbonate on upper-body intermittent performance. *Amino Acids*. 45(2), 309-17. doi: 10.1007/s00726-013-1495-z.
- Van Thienen R., Van Proeyen K., Vanden Eynde B., Puype J., Lefere T., Hespel P. (2009) Beta-alanine improves sprint performance in endurance cycling. *Med Sci Sports Exerc*. 41(4), 898-903. doi: 10.1249/MSS.0b013e31818db708.
- Vogt S, Heinrich L, Schumacher YO, Blum A, Roecker K, Dickhuth HH, Schmid A. (2006). Power output during stage racing in professional road cycling. *Med Sci Sports Exerc*. 38(1):147-51.
- Walter A.A., Smith A.E., Kendall K.L., Stout J.R., Cramer J.T. (2006). Six weeks of high-intensity interval training with and without beta-alanine supplementation for improving cardiovascular fitness in women. *J Strength Cond Res*.24(5), 1199-207. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181d82f8b.
- Zoeller R.F., Stout J.R., O'kroy J.A., Torok D.J., 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), 505-10

