Article

La Suplementación con ß-Alanina Mejora el Rendimiento en el YO-YO Test de Recuperación Intermitente

Bryan Saunders[1], Caroline Sunderland[1], Roger C. Harris[2] y Craig Sale[1]

[1]*Sport, Health and Performance Enhancement (SHAPE) Research Group, School of Science and Technology. Nottingham Trent University, Clifton Lane, Nottingham NG11 8NS, UK.*
[2]*Junipa Ltd, Newmarket. Suffolk, UK.*

RESUMEN

Antecedentes: Se ha demostrado que la suplementación con ß-alanina aumenta el rendimiento físico y la capacidad de realizar ejercicios de alta intensidad. Sin embargo, los efectos en el ejercicio intermitente están menos claros y no se han observado efectos en la actividad de esprints repetidos. El objetivo de este estudio fue investigar los efectos de la suplementación con ß-alanina en el rendimiento del Test YoYo de Recuperación Intermitente de Nivel 2 (YoYo IR2).
Métodos: Diecisiete jugadores de futbol aficionados fueron asignados a un grupo que consumió un placebo (PLA; N = 8) o a un grupo que consumió ß-alanina (BA; N = 9), y realizaron el test YoYo IR2 en dos ocasiones separadas, antes y después de 12 semanas de suplementación durante una temporada de competencias. Específicamente, los jugadores consumieron un suplemento desde comienzos hasta la mitad de la temporada (PLA: N = 5; BA: N = 6) o desde mediados de la temporada hasta finales de la misma (PLA: N = 3; BA: N = 3). Los datos fueron analizados mediante un ANOVA de dos factores y con el test post hoc de Tukey.
Resultados: Los valores obtenidos pre suplementación fueron 1185 ± 216 y 1093 ± 148 m para PLA y BA, y no se observaron diferencias entre los grupos (P = 0,41). El rendimiento del YoYo aumentó significativamente en el grupo BA (+34,3%, P≤ 0,001) pero no en el grupo PLA (-7,3%, P = 0,24) después de la suplementación. Dos de ocho jugadores (Comienzo de temporada - Mediados de temporada: 2 de 5; Mediados de temporada - Fin de temporada: 0 de 3) aumentaron sus puntuaciones en el test YoYo en el grupo PLA (Rango: -37,5 a +14,7%) y 8 de 9 (Comienzo de temporada - Mediados de temporada: 6 de 6; Mediados de temporada - Fin de temporada: 2 de 3) en el grupo BA (Rango: 0,0 a +72,7%).
Conclusiones: Doce semanas de suplementación con ß-alanina aumentaron el rendimiento en el test YoYoIR2, probablemente a causa de una mayor capacidad buffer del músculo lo que produciría una atenuación de la reducción en el pH intracelular durante el ejercicio intermitente de alta intensidad.

Palabras Clave: ß-alanina, Carnosina, test YoYo de recuperación intermitente, actividad de esprints repetidos, capacidad de ejercicio específica de los deportes de equipo

INTRODUCCION

La carnosina (ß-alanil-L-histidina) es un dipéptido que se encuentra naturalmente en concentraciones altas en el músculo esquelético [1] y debido a su pKa (6,83), es un buffer adecuado para el rango de pH intramuscular durante el ejercicio [2].

Se ha demostrado que la suplementación con ß-alanina es eficaz para incrementar los niveles de carnosina muscular [1], y por lo tanto para aumentar la capacidad buffer del músculo, con el potencial para mejorar el rendimiento y la capacidad física que se ve limitada por la acumulación de iones de hidrógeno (H+) [3,4]. Investigaciones recientes se han centrado en la capacidad de realizar esprints repetidos, un componente clave en el rendimiento deportivo de los deportes de equipo [5], debido a su asociación con la capacidad de amortiguar los H+ en futbolistas profesionales y aficionados [6]. A pesar de esto, las investigaciones no han observado efectos de la suplementación con ß-alanina en el rendimiento de esprints repetidos aislados [7,8], o en la capacidad de realizar esprints repetidos durante juegos simulados [9]. Sin embargo, estos protocolos miden el rendimiento en ejercicios de alta intensidad de menos de 60 s de duración y, en un metaanálisis de la literatura, Hobson et al. [10] demostraron que la ß-alanina era muy eficaz para aumentar la capacidad de realizar ejercicio durante ejercicios cuya duración era superior a 60 s. Por consiguiente la suplementación con ß-alanina puede ser más eficaz para aumentar la capacidad de realizar ejercicio intermitente de alta intensidad específicos de los deportes.

Los tests YoYo de Recuperación Intermitente (Nivel 1 [YoYo IR1] y nivel 2 [YoYo IR2]) fueron diseñados [11] para evaluar la capacidad de un individuo de realizar repetidamente ejercicio de alta intensidad y recuperarse, y son aplicables a jugadores de deportes de equipo, debido a la especificidad del ejercicio realizado [12]. Se ha demostrado que estos tests son sensibles a las adaptaciones al entrenamiento [13,14], la variación estacional [13] y a las diferencias en la posición de juego y al estándar de juego [13,15]. Además, el rendimiento en el test YoYo de Recuperación Intermitente está estrechamente relacionado con el rendimiento en un partido de fútbol, porque los resultados de YoYo IR1 se correlacionaron con la carrera de alta intensidad y la distancia total recorrida durante un partido de fútbol en árbitros de clase máxima [16] y jugadores de fútbol [13]. La mayor distancia recorrida en un período de 5 min durante un partido también ha sido asociada con el rendimiento en YoYo IR2 [12]. Estos resultados sugieren que los tests YoYo IR son modelos apropiados para examinar los efectos de intervenciones diseñadas para manejar los cambios en el rendimiento individual durante el ejercicio de deportes de equipo.

El fútbol es un deporte que les exige a los jugadores realizar una cantidad substancial de carreras de alta intensidad con una gran contribución de las vías de energía aeróbicas y anaeróbicas. El YoYo IR2 es el que mejor evalúa la capacidad de un individuo de realizar ejercicio repetido de alta intensidad mientras se estimula de manera simultánea los sistemas de energía aeróbico y anaeróbico [13]. Al momento del agotamiento volitivo luego del YoYo IR2, y en comparación con el YoYo IR1, se ha observado una mayor concentración de lactato muscular, una mayor utilización de glucógeno y un menor pH muscular [12], lo cual sugiere una mayor activación de la vía anaeróbica hacia el final del YoYo IR2. Interesantemente, se ha observado que al momento del agotamiento, el pH muscular se encontraba significativamente reducido (y el lactato muscular significativamente incrementado) en comparación con los valores registrados al 85% del tiempo hasta el agotamiento; mientras que esto no ocurrió con las concentraciones musculares de fosforilcreatina y de glucógeno [13]. Esto indica que la reducción del pH muscular puede contribuir significativamente a la fatiga durante el YoYo IR2, sugiriendo que el YoYo IR2 es un modelo adecuado para investigar los efectos del incremento en la capacidad amortiguadora de los músculos sobre la aptitud física específica de los deportes de equipo.

Ningún estudio ha examinado los efectos de la suplementación sobre la capacidad de realizar ejercicio específico de los deportes de equipo. Por consiguiente, el objetivo de esta investigación fue examinar el efecto de la suplementación con ß-alanina en el rendimiento del test YoYo IR2 en jugadores de futbol aficionados bien entrenados, a lo largo de una temporada de competencia. Nosotros planteamos la hipótesis que la ß-alanina aumentaría significativamente la distancia recorrida durante el test debido a un aumento en la amortiguación del pH intracelular como resultado del aumento de la carnosina muscular.

METODOS

Sujetos

Diecisiete jugadores de fútbol aficionados de sexo masculino (edad 22 ± 4 años, talla 1,83 ± 0,06 m, y peso 76,9 ± 6,6 kg) del mismo club, que competían en las divisiones más bajas de la pirámide de fútbol inglesa participaron voluntariamente en el estudio y fueron asignados al azar a un grupo que consumió un placebo (PLA) o a un grupo que consumió ß-alanina (BA). Todos los jugadores eran miembros del mismo equipo y realizaban el mismo régimen de entrenamiento específico para deportes de equipo durante la temporada. Antes de cada visita del laboratorio se realizaron chequeos de salud por medio de encuestas, para asegurar que el estado de salud de los sujetos no había cambiado. Los participantes no habían consumido ningún suplemento en los 3 meses previos al estudio y no habían consumido ß-alanina durante por lo menos 6 meses. Ninguno de los sujetos era vegetariano y, por lo tanto, hubieran encontrado en su dieta cantidades pequeñas de ß-alanina proveniente de la hidrólisis de carnosina y sus derivados metilo en la carne. El estudio fue aprobado por el Comité Asesor de Ética de la institución.

Diseño del estudio

Todos los participantes habían realizado el YoYo IR2 como mínimo en dos ocasiones anteriores y conocían los requisitos del protocolo. Se solicitó a los participantes que realizaran el test YoYo IR2 en dos ocasiones diferentes, separadas por 12 semanas de suplementación. Los sujetos llevaron un registro de comidas durante el período de 24 h antes del primer test principal, y este se utilizó posteriormente para reproducir la dieta antes del segundo test principal.

Los sujetos fueron suplementados con 3,2 g•día-1 de ß-alanina (CarnoSynTM, NAI, EE.UU.) o placebo (maltodextrina, NAI, EE.UU.), provistos en forma de tabletas de liberación sostenida de 800 mg, durante un período de 12 semanas. Los jugadores recibieron el suplemento desde comienzos hasta mediados de la temporada (PLA: N = 5; BA: N = 6) o desde mediados de la temporada hasta el fin de la misma (PLA: N = 3; BA: N = 3). No se observaron diferencias en el rendimiento de YoYo IR2 antes de la suplementación entre los jugadores que comenzaron al inicio de la temporada y los que comenzaron a mediados de la misma en ambos grupos (PLA: P = 0,38, 1128 ± 241 y 1280 ± 160 m; BA: P = 0,48, 1120 ± 143 y 1040 ± 174 m). El régimen de dosificación consistió en ingerir una tableta de 800 mg de ß-alanina o de placebo cuatro veces por día en intervalos de 3-4 horas. El cumplimiento del régimen de suplementación fue supervisado usando registros de suplementación, y en ambos grupos se observó un elevado grado de cumplimiento (Placebo: 89%; ß-alanina: 90%). No se recibió ningún informe de síntomas de parestesia en ninguno de los participantes de ningún grupo. Todos los suplementos fueron evaluados por HFL Ciencias Deportivas antes de ser consumidos para asegurar que no existía contaminación con esteroides o estimulantes según las pruebas acreditadas por ISO 17025.

Test YoYo de recuperación intermitente nivel 2

Todas las pruebas se realizaron bajo techo en una pista de carrera artificial en condiciones ambientales (temperatura 21,0 ± 0,7°C, humedad relativa 52,4 ± 0,8%). Al llegar, los sujetos realizaron una entrada en calor estandarizada de 5 min, que consistió en trote y carrera ligera, seguida por 5 min de estiramientos seleccionados por los mismos sujetos. El YoYo IR2 consiste en carreras repetidas de 40 m (2 x 20 m) entre marcadores colocados con 20 m de separación, a velocidades progresivamente mayores dictadas por una señal de audio [11]. Los sujetos realizaron 10 s de recuperación activa entre cada serie de carrera, que consistía en una caminata de 10 m (2 x 5 m). El test finalizaba si el jugador no alcanzaba la línea de llegada dentro del horario establecido en dos ocasiones consecutivas o si el jugador sentía que no era capaz de continuar (agotamiento volitivo). Se registró el número total de niveles para determinar la distancia total recorrida (m) durante el test.

Análisis estadístico

Todos los datos fueron analizados mediante el software Statistica 9 (Statsoft, EE.UU.) y se presentan en forma de Media ± 1SD. Para determinar cualquier diferencia en el rendimiento del test YoYo se utilizó el ANOVA de dos factores (Grupo x Prueba). Se utilizó el test de Tukey para los análisis post hoc y los tamaños de efecto fueron calculados mediante d de Cohen [17]. La significancia estadística se fijó en un nivel de P ≤ 0,05.

RESULTADOS

No se observó una diferencia significativa en la distancia recorrida durante el YoYo IR2 (P = 0,83; PLA: 1185 ± 216 m y BA: 1093 ± 148 m, d = 0,54) entre el grupo placebo y el grupo ß-alanina antes de la suplementación. Se observó un efecto de interacción significativo (Grupo x Prueba, P ≤ 0,001), sin diferencia en el grupo PLA (-7,6 ± 16,2%; post hoc P = 0,62, d = 0,43) y una mejora significativa en el grupo BA (+34,3 ± 22,5%; post hoc P ≤ 0,001, d = 1,83) después de la suplementación (Figura 1).

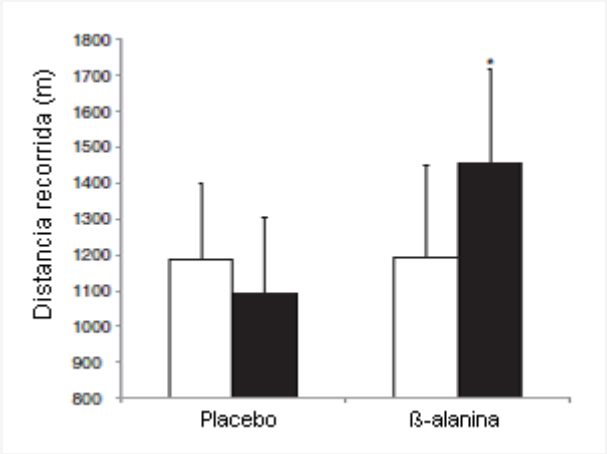

Figura 1. *Distancia recorrida durante el Test YoYo IR2 para ambos grupos de suplementación; pre (barras blancas) y post (barras negras) suplementación. *: P < 0,001 para la pre suplementación.*

Los cambios de rendimiento variaron de -37,5 a + 14,7% en PLA y de 0,0 a +72,7% en el grupo BA. En total, 2 de los 8 jugadores en el grupo PLA presentaron un aumento en el rendimiento, y los participantes restantes presentaron una reducción en el rendimiento de -40 a -480 m. En comparación, 8 de 9 jugadores presentaron aumentos en BA (+160 a +640 m), mientras que el jugador restante no presentó cambios (Figura 2). El sujeto 17 del grupo BA presentó un aumento excepcionalmente alto en el rendimiento de YoYo IR2 (+72,7%) dado que la respuesta normalmente observada en respuesta al entrenamiento pre temporada es 42%. Debido a esto, retiramos los datos pertenecientes a este sujeto y luego realizamos nuevamente el análisis de los datos, lo que no alteró ninguno de los resultados del estudio (Grupo x Prueba, P = 0,001; BA: +29,4 ± 18,4%, post hoc P = 0,003).

En el grupo de jugadores que consumieron el suplemento desde principios a mediados de la temporada, 2 de 5 sujetos en el grupo PLA y 6 de 6 sujetos en el grupo BA aumentaron el rendimiento en YoYoIR2. De los jugadores restantes que consumieron el suplemento desde mediados de la temporada hasta finales de la misma, ninguno de los pertenecientes al grupo PLA mostró un aumento mientras que 2 de 3 sujetos del grupo BA aumentaron su distancia recorrida.

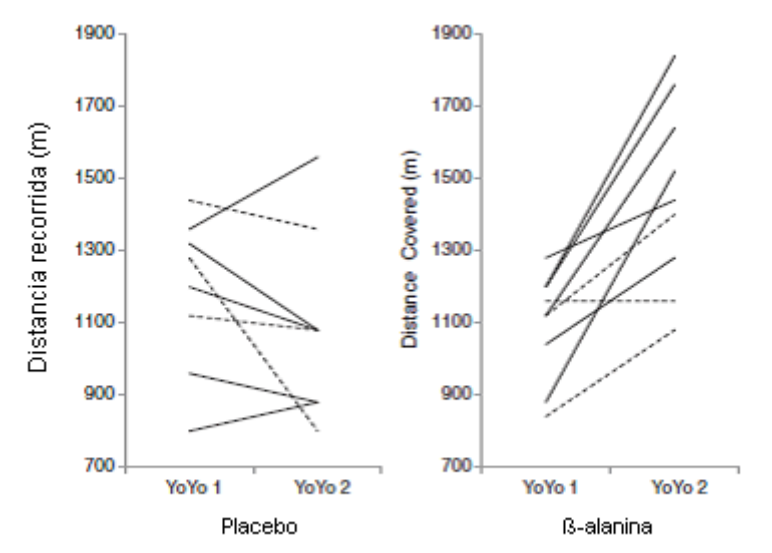

Figura 2. *Respuesta individual a la suplementación en los grupos suplementados con Placebo y con ß-alanina, antes de la suplementación (YoYo1) y después de la suplementación (YoYo2).*

DISCUSION

Se observó un efecto claro de las 12 semanas de suplementación con ß-alanina en la distancia recorrida durante el test YoYo IR2. Esto no coincide con lo observado en investigaciones previas en las cuales no se observó ningún efecto de la ß-alanina en el ejercicio de esprints repetidos [7-9], aunque estos estudios usaron protocolos de ejercicios que consisten en tests de rendimiento que consideran períodos de alta intensidad y actividad de esprint de duración inferior a 60 segundos, los cuales se ha sugerido que no son afectados por la suplementación con ß-alanina [10]. El YoYo IR2 es una prueba de capacidad de ejercicio diseñada para tener entre 5 y 15 minutos de duración y su objetivo es evaluar la habilidad de un individuo de realizar series repetidas de ejercicio de alta intensidad con una contribución grande de las fuentes de energía anaeróbicas. Además, la distancia recorrida durante el YoYo IR2 ha sido asociada con las carreras de alta intensidad realizadas durante los partidos de las competencias [12,13]. Por consiguiente, los resultados de la presente investigación sugieren que la suplementación con ß-alanina es eficaz para mejorar la capacidad de ejercicio específica de los deportes de equipo.

En la presente investigación no se realizaron mediciones de los parámetros sanguíneos, aunque otros autores han informado valores de lactato sanguíneo por encima de 10 mmol•L-1 en el punto de agotamiento [13], que son superiores a los valores obtenidos en estudios de actividad de esprints repetidos que demostraron una correlación con la capacidad buffer de H+ (~8 mmol•L-1; [5,18]). Aunque la tasa de utilización de fosforilcreatina y glucógeno muscular es alta durante el YoYo IR2 [13], no hay diferencias en las concentraciones musculares de estos sustratos entre el 85% y el 100% del tiempo de agotamiento, lo que indica que el agotamiento de estos sustratos no es un factor de contribución principal para la fatiga. Notablemente, el pH del músculo fue significativamente menor en el punto de agotamiento en comparación con el observado en el 85% del tiempo de agotamiento, lo que sugiere que el aumento en la acidez muscular es un factor limitante del rendimiento en YoYo IR2. Aunque en este estudio no se determinaron directamente las concentraciones de carnosina en el musculo, Stellingwerff et al. [19] demostraron que una suplementación tan corta como de dos semanas con ß•alanina, con una dosis equivalente a la mitad de la dosis usada en el estudio actual, era suficiente para aumentar la carnosina muscular del tibial anterior en un 11,8 ± 7,4%.

Por consiguiente, podemos plantear la hipótesis que 12 semanas de suplementación con ß-alanina de 3,2 g•día-1 aumentaron significativamente las concentraciones de carnosina muscular en la población actual. Así, dado que uno de los papeles indiscutibles de la carnosina en el músculo es actuar como buffer, la explicación más probable para el aumento en el rendimiento de YoYo IR2 sería por un aumento en la capacidad buffer intracelular, lo que produciría una atenuación de la reducción del pH intracelular durante el ejercicio de alta intensidad.

Se ha demostrado que YoYo IR2 es un test de capacidad altamente reproducible, con un CV de ~10% para dos tests realizados dentro de un período de una semana [13]. Además, el test es sensible para detectar adaptaciones al entrenamiento, con aumentos de rendimiento de aproximadamente 42% observadas luego del entrenamiento de pretemporada. En la investigación presente, los jugadores del grupo placebo presentaron una disminución de ~7% en el rendimiento mientras que el grupo que recibió la suplementación con ß-alanina aumentó el rendimiento de YoYo IR2 en ~34%, lo que se compara favorablemente con los efectos del entrenamiento pre temporada y exceden el CV esperado del test. Además, los 8 jugadores que mejoraron con la suplementación con ß-alanina lo hicieron por encima de este CV esperado, mientras que el grupo placebo mostró más variación con 3 jugadores que excedieron el CV (1 mejoró y 2 disminuyeron su rendimiento), lo que sugiere que los aumentos de rendimiento en el grupo que consumió la ß-alanina pueden ser atribuidos a la intervención nutricional empleada en la investigación actual. Además, 4 de los jugadores del grupo de ß-alanina presentaron aumentos por encima de los mayores aumentos luego de 6-8 semanas del período de entrenamiento (+45%; [12]). Dado que todos los jugadores realizaron la misma estructura de entrenamiento a lo largo del período de suplementación, los incrementos adicionales en estos sujetos podrían atribuirse a una mayor habilidad de entrenamiento debida a un incremento en la capacidad buffer del músculo [7], lo que proporcionaría un efecto adicional al de la suplementación sola.

Nosotros decidimos que futbolistas aficionados reciban la suplementación durante una temporada de competición porque se ha demostrado que el test YoYo IR2 es sensible a la variación estacional (CV: 14%; [13]) con valores, en promedio, más bajos durante la temporada que al comienzo de la misma. Aunque los valores obtenidos a mediados de la temporada no fueron diferentes a los del comienzo de la temporada para futbolistas escandinavos de primera división, el rendimiento de YoYo IR2 disminuyó al final de la temporada en comparación con el comienzo de la misma en otro grupo de jugadores de primera y segunda división [13]. Además, sólo 4 de 15 jugadores presentaron mejoras en el rendimiento de YoYo IR2 durante la temporada, mientras otros 9 mostraron una disminución en el rendimiento [13]. En la presente investigación, el rendimiento de jugadores en el grupo placebo que recibió el suplemento de comienzos a mediados de la temporada siguió un patrón similar a este, y los 3 sujetos que recibieron la suplementación desde mediados de la temporada hasta el fin de misma presentaron una disminución en el rendimiento. En contraste, todos los jugadores que recibieron el suplemento de

ß-alanina desde comienzos a mediados de la temporada aumentaron sus valores en el test YoYo, mientras que 2 de los 3 que recibieron el suplemento desde mediados hasta final de la temporada presentaron un aumento en el rendimiento, mientras que el jugador restante no presentó cambios. Estos datos proporcionan evidencia para sugerir que la suplementación con ß-alanina no sólo puede detener la disminución en el nivel de aptitud presentado durante una temporada de competición [13], si no que puede mejorarlo incluso por encima de los niveles típicos.

CONCLUSIONES

El consumo de 3,2 g•día-1 de ß-alanina durante 12 semanas aumentó el rendimiento en el test YoYo IR2 de futbolistas aficionados durante una temporada competitiva. Los aumentos pueden ser atribuidos a un aumento en la capacidad buffer muscular debido a un aumento en la concentración de carnosina muscular, atenuándose la disminución del pH intramuscular durante las series repetidas de ejercicio de alta intensidad.

Intereses de competencia

Los autores declaran que recibieron los insumos de ß-alanina y maltodextrina de *Natural Alternatives* International para realizar este estudio, aunque ningún fondo adicional fue proporcionado.
Roger Harris es consultor independiente pago de *Natural Alternatives* International, es un inventor de patentes registradas por *Natural Alternatives* International y recibe otras concesiones de investigación otorgadas por *Natural Alternatives* International.

Contribuciones de los autores

BS participó en el diseño del estudio, llevo a cabo la recolección de los datos, realizó los análisis estadísticos y diseñó el manuscrito. CS concibió el estudio, participó en su diseño y ayudó con la redacción del manuscrito. RCH ayudó con la redacción del manuscrito. CS concibió el estudio, participó en su diseño y ayudó en la redacción del manuscrito. Todos los autores leyeron y aprobaron el manuscrito final.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a *Natural Alternatives* International, San Marcos, California por proporcionar los suplementos de ß-alanina (Carnosyn™) y Maltodextrin.

REFERENCIAS

1. Harris RC, Tallon M, Dunnett M, Boobis LH, Coakley J, Kim HJ, Fallowfield JL, Hill CA, Sale C, Wise JA (2006). The absorption of orally supplied β-alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. *Amino Acids, 30:279–289*
2. Bate-Smith EC (1938). The buffering of muscle in rigour: protein, phosphate and carnosine. *J Physiol, 92:336–343*
3. Hill CA, Harris RC, Kim HJ, Harris BD, Sale C, Boobis LH, Kim CK, Wise JA (2008). Influence of β-alanine supplementation on skeletal muscle carnosine concentrations and high intensity cycling capacity. *Amino Acids, 32:225–233*
4. Sale C, Saunders B, Hudson S, Wise JA, Harris RC, Sunderland CD (1978). Effect of beta-alanine plus sodium bicarbonate on high-intensity cycling capacity. *Med Sci Sport Exerc 2011, 43:1972*
5. Bishop D, Edge J, Goodman C (2004). Muscle buffer capacity and aerobic fitness are associated with repeated-sprint ability in women. *Eur J Appl Physiol, 92:540–547*
6. Rampinini E, Sassi A, Morelli A, Mazzoni S, Fanchini M, Coutts AJ (2009). Repeatedsprint ability in professional and amateur soccer players. *Appl Physiol Nutr Metab, 34:1048–1054*
7. Hoffman JR, Ratamess NA, Faigenbaum AD, Ross R, Kang J, Stout JR, Wise JA (2008). Short duration β-alanine supplementation increases training volume and reduces subjective feelings of fatigue in college football players. *Nutr Res, 28:31–35*
8. Sweeney KM, Wright GA, Brice AG, Doberstein ST (2010). The effects of β-alanine supplementation on power performance during repeated sprint activity. *J Strength Cond Res, 24:79–87*
9. Saunders B, Sale C, Harris RC, Sunderland C (2012). Effect of beta-alanine supplementation on repeated sprint performance during the Loughborough Intermittent Shuttle Test. *Amino Acids, 43:39–47*

10. Hobson RM, Saunders B, Ball G, Harris RC, Sale C (2012). Effects of β-alanine supplementation on exercise performance: a review by meta-analysis. *Amino Acids, 43:25–47*
11. Bangsbo JL (1994). Fitness training in football – A scientific approach. *Bagsværd, Denmark: HO + Storm*
12. Bangsbo J, Iaia MF, Krustrup P (2008). The Yo-Yo Intermittent Recovery Test: A Useful Tool for Evaluation of Physical Performance in Intermittent Sports. *Sports Med, 38:37–51*
13. Krustrup P, Mohr M, Nybo L, Jensen JM, Nielsen JJ, Bangsbo J (2006). The Yo-Yo IR2 Test: Physiological Response, Reliability, and Application to Elite Soccer. *Med Sci Sport Exerc, 38:1666–1673*
14. Mohr M, Krustrup P, Nielsen JJ, Nybo L, Rasmussen MK, Juel C, Bangsbo J (2007). Effect of two different intense training regimens on skeletal muscle ion transport proteins and fatigue development. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol, 292:R1594–R1602*
15. Mohr M, Krustrup P, Bangsbo J (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sport Sci, 21:519–528*
16. Krustrup P, Bangsbo J (2001). Physiological demands of top-class soccer refereeing in relation to physical capacity: effect of intense intermittent exercise training. *J Sport Sci, 18:881–891*
17. Cohen J (1988). Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. *2nd edition. Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum Associates*
18. Bishop D, Lawrence S, Spencer M (2003). Predictors of repeated sprint ability in elite female hockey players. *J Sci Med Sport, 6:199–209*
19. Stellingwerff T, Anwander H, Egger A, Buehler T, Kreis R, Decombaz J, Boeschet C (2012). Effect of two beta alanine dosing protocols on muscle carnosine synthesis and washout. *Amino Acids, 42:2461–2472*

Cita Original

Saunders B, Sunderland C, Harris RC and Sale C. β-alanine supplementation improves YoYo intermittent recovery test performance. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 9:39, 2012. Este artículo se encuentra bajo la licencia Creative Commons, permitiéndose la reproducción parcial o total del mismo, siempre y cuando se haga la cita correspondiente de la fuente.