

Propuesta de innovación de ayudas ergogénicas en deportes de resistencia basadas en el zumo de granada

Titulación: Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
Facultad de Ciencias Sociosanitarias

Trabajo de fin de grado - Universidad Miguel Hernández de Elche



Alumno: Pablo Aguado Ivorra

Tutor académico: Enrique Roche Collado

Curso académico: 2017-2018

Índice

1. Introducción.....	pp. 3-5
2. Revisión bibliográfica y discusión.....	pp. 5-9
3. Propuesta de innovación.....	pp. 9-11
4. Bibliografía.....	pp. 11-13
5. Anexos.....	pp. 13-17



1. Introducción.

La nutrición es el proceso fundamental para la obtención de energía en forma de ATP (adenosina tri-fosfato) que determinará un correcto funcionamiento de los sistemas corporales. La energía que proporcionan los macronutrientes presentes en los alimentos deberá cubrir el gasto energético basal (energía utilizada para el correcto funcionamiento de los procesos vitales), el procesado de los nutrientes (efecto térmico de los alimentos) y el gasto por actividad física. Por ello, el requerimiento energético de una persona en un día determinado puede ser diferente al de otro día (Thomas et al., 2016). Así, dentro de un contexto deportivo, una nutrición adecuada para cada disciplina proporcionará energía para un buen funcionamiento corporal aproximándose a los objetivos de cada deportista.

En la ingesta de alimentos, se puede distinguir entre macronutrientes como son los hidratos de carbono (HC), proteínas (P) y grasas (G), y micronutrientes que son las vitaminas y minerales. Los macronutrientes son los que van a proporcionar la energía. Sin embargo, no hay que infravalorar el papel de los micronutrientes, que modulan diversas funciones celulares, que incluyen la obtención de ATP, aunque no proporcionarían energía directamente.

Los HC se almacenan en el hígado y en el músculo esquelético en forma de glucógeno para la posterior obtención de energía (1 g de HC rinde 4 Kcal) y son utilizados en todas las disciplinas deportivas en mayor o menor medida debido a que diversas rutas metabólicas utilizan la glucosa como sustrato energético: glucogenólisis y glucólisis aeróbica y anaeróbica. Dichas rutas culminan en el ciclo de Krebs y en la cadena respiratoria mitocondrial, donde se sintetiza el ATP. Como se ha señalado, cabe destacar la versatilidad de los HC a la hora de proporcionar energía, tanto vía aeróbica (en presencia de oxígeno) como por vía anaeróbica (sin oxígeno). Hay que enfatizar en que los excedentes de HC que no se incorporen al glucógeno se almacenarán en forma de grasa, ya que los HC tienen una forma de reserva limitada.

Por otro lado, están los lípidos o grasas (G) que son el macronutriente más energético (1 g de G rinde 9 Kcal) pero siempre requieren de oxígeno para su degradación (beta-oxidación) y obtención de energía (ATP). En otras palabras, su metabolismo es siempre aeróbico. Los lípidos sobrantes de la dieta se almacenarán en forma de grasa en el tejido adiposo y en otros órganos como el hígado. A diferencia de los HC, la capacidad de almacenamiento de G en el organismo es ilimitada.

Finalmente, las proteínas (P) tienen como función principal la formación de las diferentes estructuras corporales, aunque en situaciones particulares pueden oxidarse y aportar energía (1 g de P rinde 4 Kcal). Para ello, los aminoácidos constituyentes deben perder su grupo amino e incorporarse a la ruta glucolítica (gluconeogénesis) o al ciclo de Krebs, para conectar con la cadena de transporte de electrones y rendir ATP. El concepto de almacén proteico no existe como tal, aunque cuando sea necesario, las P corporales serán degradadas y utilizadas como fuente alternativa de energía a los HC (Tortora et al., 2002).

Los micronutrientes tienen como función principal el aporte de determinadas sustancias esenciales para el correcto funcionamiento de los diferentes sistemas del organismo (McArdle et al., 2004). Hay que destacar algunos micronutrientes clave en el deporte como puede ser el hierro, que tiene como función principal la formación de la hemoglobina que transportará el oxígeno por la sangre. La vitamina D es esencial para la absorción del calcio. Este elemento ejerce funciones clave en la actividad nerviosa y muscular, así como en el metabolismo del glucógeno, o en la actividad de enzimas antioxidantes que ayudan a mitigar los radicales libres en el organismo y con ello sus efectos negativos en la realización de actividad física.

También, entre las diversas funciones de los micronutrientes está su participación como coenzimas de diferentes enzimas presentes en procesos para la obtención de energía a partir de los macronutrientes.

Por tanto, se necesita una energía mínima y un aporte determinado de sustancias esenciales para el correcto funcionamiento de los diferentes sistemas corporales que están en continua actividad y que permiten la supervivencia del organismo como por ejemplo: el aparato respiratorio que permite contraer los músculos respiratorios, captar oxígeno del exterior y transferirlo a la sangre, el aparato cardiovascular el cual impulsa esta sangre a través de las contracciones involuntarias del corazón haciendo llegar las sustancias y nutrientes necesarios a cada lugar del organismo, el sistema nervioso el cual recibe información a través de los diferentes sentidos y provoca respuestas mediante impulsos eléctricos permitiendo la adaptación al entorno, el sistema digestivo que secreta enzimas digestivas para degradar el bolo alimenticio y posteriormente absorber los nutrientes, entre otros procesos vitales (Urdampilleta et al., 2015).

No obstante, gran parte de la población gasta más energía que la utilizada para el mantenimiento de estas funciones basales, es la energía consumida por el sistema muscular en la actividad física y por tanto requiere una mayor ingesta de macronutrientes.

La actividad física es aquella actividad que requiere de un gasto energético extra al metabolismo basal, y por tanto está estrechamente relacionada con el tipo y cantidad de energía ingerida a través de los alimentos. Se puede distinguir entre distintos tipos de actividad física respecto a intensidad, encontrándose la actividad física aeróbica y la anaeróbica. Respecto a la primera, se caracteriza por ser una actividad prolongada en el tiempo a una intensidad menor en la que se utilizan vías de obtención de energía dependientes mayoritariamente de la oxidación de las G, como puede ser la ruta lipolítica, con una participación minoritaria pero esencial de los HC (ruta glucogenolítica y glucolítica). Si durante la realización de la actividad, la intensidad aumenta, la dependencia de las G disminuye y se pasa a depender exclusivamente de los HC. Se utilizará este tipo de vías metabólicas mientras duren los limitados depósitos de glucógeno.

La actividad física anaeróbica se caracteriza por actividades a una intensidad mayor y durante menos tiempo donde se utilizan vías de obtención de energía dependientes exclusivamente de HC, como la glucólisis anaeróbica y breve utilización de fosfágenos, como la creatina-fosfato (CF). Este tipo de metabolismo genera sustancias de desecho en nuestro organismo (principalmente lactato) que disminuyen el rendimiento y pasan a ser factor limitante.

El ser humano rara vez utiliza solamente un tipo de vía de obtención de energía, sino que, según el tipo de actividad se adaptará y utilizará las vías aeróbicas y anaeróbicas en diversos porcentajes según lo comentado anteriormente.

El presente trabajo de fin de grado (TFG) se va a centrar en los requerimientos nutricionales para la competición de tipo aeróbico extensiva, en la que va a predominar la oxidación de las G con la ayuda de los HC. En concreto, este trabajo se centrará en la temática nutricional durante la carrera a pie de larga distancia.

En la actualidad, gran parte de la población participa en carreras populares de diferentes distancias y con diferentes objetivos. Al ser una actividad muy popular y con un cierto riesgo de problemas cardíacos o de lesiones, se hace imprescindible ayudar a los corredores con pautas nutricionales adecuadas que juntamente con un óptimo entrenamiento minimicen este tipo de problemas.

En la carrera a pie de larga distancia el ser humano utiliza principalmente la vía aeróbica debido a que requiere una intensidad menor para poder conseguir el objetivo durante un tiempo prolongado. No obstante, en las carreras, se dan situaciones donde se hace uso de vías anaeróbicas como por ejemplo un adelantamiento, vencer la resistencia de una ráfaga de viento, cambios de ritmo, desnivel pronunciado, entre otros. También, según el nivel del deportista y la velocidad o porcentaje de la velocidad aeróbica máxima (VAM) que es capaz de mantener en la carrera, se utilizarán en diferente medida las distintas vías de obtención de energía (Rapoport, 2010) y por tanto se requerirá una cantidad de energía diferente, debiendo planificar una dieta distinta a la de otro deportista de otro nivel.

De forma general, el recurso energético predominante de un deportista de carreras de larga duración es el glucógeno, siendo el determinante en el rendimiento debido a sus reservas limitadas. Es por eso por lo que el deportista deberá comenzar la prueba siempre con unos altos niveles iniciales de glucógeno hepático y muscular y un óptimo metabolismo de las grasas durante el ejercicio para conseguir el objetivo con mayor eficiencia. Sin embargo, hay ocasiones donde comenzar con los depósitos de glucógeno llenos no es suficiente para realizar una prueba con éxito. Las ayudas ergogénicas completan a la dieta para no disminuir el rendimiento durante la carrera. Sin embargo, cabe destacar que estos suplementos, pese a su efectividad, según los expertos no se deben tener en cuenta sin una adecuada dieta de base.

Las ayudas ergogénicas son aquellas sustancias que se ingieren antes, durante o después de la prueba y que ayudan a mantener un alto rendimiento o una correcta recuperación. Tienen como función principal preparar previamente y reponer los sustratos utilizados durante la actividad física ya sea durante o después de la carrera. Tienen formatos muy variados de líquido, gel o sólido.

En el presente trabajo de fin de grado se va a realizar una propuesta de ayuda ergogénica basada en el zumo de granada para su utilización en carreras a pie de larga distancia.

2. Revisión bibliográfica y discusión.

En las actividades aeróbicas de larga duración, como se ha mencionado anteriormente, los sistemas energéticos son aeróbicos principalmente y las fuentes de energía predominantes son las grasas y los carbohidratos, tanto de forma endógena a partir del glucógeno hepático y muscular como de forma exógena a través de su ingesta durante la prueba. El determinante para conseguir el éxito en estas modalidades es la fatiga que va a estar condicionada principalmente por el glucógeno debido a sus reservas limitadas y por la deshidratación durante el ejercicio, ya que provoca un aumento de la frecuencia cardiaca, un mayor gasto de glucógeno, así como un incremento de la temperatura central (Febraio et al., 1994).

Los requerimientos energéticos y nutricionales diarios para carreras a pie de larga duración según Urdampilleta et al. (2015) es diferente dependiendo en qué etapa de entrenamiento se encuentre el deportista. Respecto a los HC se deben ingerir cantidades superiores en periodos lejanos a la competición (6-12 g/kg/día), es decir en la preparación general. La idea es cargar al organismo en periodos de entrenamiento con altos volúmenes, buscando la composición corporal adecuada y una buena recuperación post entrenamientos. Esta carga de HC se reduce hasta la competición debido a que el volumen de entrenamiento también disminuirá para evitar una ganancia de peso corporal, siendo su periodo más escaso en el periodo de transición post competición (4-6 g/kg/día). Existen indicios de que el sistema digestivo se puede entrenar en etapas de preparación general para adaptar al organismo a la elevada ingesta de HC. Las P sin embargo se mantienen constantes a lo largo de toda la

temporada (1,5-1,7 g/kg/día) excepto en el periodo de transición entre competiciones que disminuye (0,8-1,2 g/kg/día). Por otro lado, las G comienzan con una dosis mayor en el periodo de preparación general (1,5-2 g/kg/día) y van disminuyendo hasta el periodo de competición (0,8-1,2 g/kg/día) para afinar más el % de grasa corporal volviendo a aumentar en el periodo de transición. Todo ello va en relación con los objetivos principales de entrenamiento de cada etapa.

Respecto a los requerimientos nutricionales competitivos, los días previos a la competición, un deportista de carreras de larga duración debe realizar una carga adecuada de HC mediante una ingesta de 10 g/kg/día de HC durante las 24-36 h previas para aumentar el glucógeno global que permanecerá elevado unas 72 h. La comida precompetitiva debe realizarse de 1-6 h antes y será baja en grasa, proteínas y fibra evitando malestar gastrointestinal y favoreciendo la absorción de nutrientes. También se busca el estado de euhidratación, ingiriendo 5-7 ml/kg 4 horas previas a la competición. Se recomienda visualizar el color de la orina, ya que si es oscuro se debe añadir 3-5 ml/kg 2 horas previas a la competición para conseguir una adecuada hidratación. La concentración de sodio será de 46-120 mg/100ml para evitar una hiponatremia.

Durante la competición se recomienda la ingesta de HC en carreras superiores a 2 h e incluso a ritmos mayores del 75% VO₂máx y duración menor (1 h). La cantidad de HC recomendada dependerá de la duración de la prueba siendo en pruebas inferiores a 30 minutos innecesaria, entre 30-75 minutos suficiente con un enjuague oral de una bebida con HC, entre 1-2 h hasta 30 g/h de HC durante la prueba, entre 2-3h hasta 60 g/h de HC y hasta 90 g/h en pruebas superiores a 2,5 h. En las pruebas de larga duración se hace recomendable el uso de HC de oxidación rápida (glucosa y maltodextrina) y en pruebas de duración superior a 2,5 h se recomienda la utilización exclusiva de HC de transporte múltiple (glucosa y fructosa). Es importante mantener el balance hídrico evitando la pérdida de fluido de más de 2-3% del peso corporal (Urdampilleta et al., 2015).

Posteriormente a la competición, los requerimientos nutricionales consisten en un rellenado óptimo de los depósitos de glucógeno que se han vaciado durante la prueba (1,2-1,5 g de HC/kg) y un aporte de proteínas (0,3 g de P/kg) para regenerar el daño muscular producido en la prueba.

Por tanto, las ayudas ergogénicas para la modalidad de carreras a pie de larga distancia se van a centrar en mantener o incrementar los depósitos de glucógeno en el organismo debido a que su vaciado producirá un estado de fatiga que disminuirá el rendimiento y también, en mantener al organismo hidratado ya que un estado de deshidratación provocará un aumento de la temperatura central y una serie de factores no deseados en la prueba, disminuyendo las posibilidades de éxito deportivo.

Además, el coste energético para realizar una carrera a pie de larga distancia se puede calcular gracias a la fórmula del coste energético ($c \times d \times m$) donde "c" hace referencia a el coste energético para carreras a pie de larga distancia (1 kcal/kg/km), "d" hace referencia a la distancia (km) y "m" hace referencia a la masa corporal (kg). De esta forma, un corredor de 65 kg que quiere acabar una media maratón (21,1 km) necesitará 1372 Kcal para realizar esa prueba con éxito. Por tanto, sería conveniente calcular el gasto energético de una carrera para evitar que el factor limitante (glucógeno) desemboque en una hipoglucemia y en una bajada del rendimiento (Urdampilleta et al., 2015).

También, conociendo la composición corporal del deportista, las Kcal que rinden los diferentes macronutrientes (G, HC y P) y el sustrato principal a utilizar en la prueba, se puede orientar al deportista de forma que si el deportista poseyera un 10% de masa grasa y sólo utilizase la grasa como fuente de energía sería capaz de realizar aproximadamente 900 km

corriendo (6500 g de grasa x 9Kcal/g=Kcal a través de las grasas). Debido a que en las carreras a pie de larga distancia no se utiliza exclusivamente las G, los carbohidratos pasan a ser la fuente limitante y determinante de la prueba como se ha mencionado anteriormente. Por otro lado, un deportista de 70kg, no sería capaz de realizar una maratón con el uso exclusivo de los HC ya que rinden aproximadamente entre 1620-2940 Kcal (Burke, 2009).

En base a la nutrición de base del deportista, la dieta previa a la prueba y los niveles de algunas sustancias determinantes en la carrera como pueden ser las encargadas de un óptimo funcionamiento de los sistemas involucrados en la actividad física, se va a determinar la necesidad de consumir algún tipo de ayuda. Así, el tipo y la duración de la carrera va a determinar la utilización o el formato de ayuda a consumir para evitar un descenso en el rendimiento deportivo. También, el esfuerzo realizado durante la prueba va a señalar el requerimiento de algún tipo de ayuda ergogénica recuperadora posterior a la misma.

Existen diversos tipos de entrenamiento para favorecer el ahorro del glucógeno como puede ser entrenamiento en ayunas o en depleción de glucógeno. Entrenar en ayunas consiste en realizar el entrenamiento sin desayunar, hay que diferenciarlo de entrenar en depleción de glucógeno que consiste en realizar el entrenamiento con bajos niveles de glucógeno hepático y muscular consiguiéndolo con un ayuno más prolongado. Parece ser que entrenar en ayunas induce a una mayor oxidación de grasas respecto a una situación de ejercicio aeróbico bien alimentado (Vieira et al., 2016). Entrenar en depleción de glucógeno también provoca una mayor utilización de las grasas (Hulston et al., 2010) y una menor degradación de glucógeno (De Bock et al., 2008). Por tanto, según la literatura científica, si se busca rendimiento se favorecerá entrenar tanto en ayunas como en depleción de glucógeno, siempre de forma controlada, debido a que se deben conseguir las adaptaciones deseadas en la carrera de larga duración como es la utilización de los diferentes sustratos.

En pruebas de duración inferior a una hora por lo general, el organismo no gasta todas las reservas de glucógeno disponibles y por tanto no es necesario el aporte de HC durante la carrera, siendo un enjuague oral con una bebida de HC suficiente para no disminuir el rendimiento (De Oliveira y Burini, 2014). Sin embargo, conforme aumenta la duración de la prueba se requerirá mayor cantidad de HC en las ayudas ergogénicas con el fin de mantener el rendimiento siendo hasta 90 g de HC/h en pruebas superiores a dos horas y media (Burke, 2009).

También, algunas ayudas ergogénicas se centran en elevar los niveles de determinadas sustancias que mejoren el rendimiento del deportista como pueden ser; la cafeína, creatina, aminoácidos de cadena ramificada (BCAA), proteínas, nitratos, antioxidantes, entre otras.

Respecto a la cafeína tiene como función principal mejorar el metabolismo de las grasas incrementando la resistencia y aumentar el rendimiento, atenuando la glucogenólisis muscular y consiguiendo una mayor eficiencia de utilización de los sustratos. También mejora la percepción del esfuerzo a nivel del sistema nervioso central. Su consumo para deportes de larga distancia está recomendado en unas dosis de 3-6 mg/kg siendo su pico más alto en sangre a los 30-60 minutos de la ingesta (Goldstein et al., 2010). Además, la respuesta a la cafeína mejora con la abstinencia durante 2-4 días previos a la prueba donde se utilizará la ayuda ergogénica y se han encontrado beneficios ingiriéndola antes, durante o hacia el final del ejercicio cuando el atleta está fatigado (Cruz et al., 2015).

La creatina tiene como función principal aumentar la capacidad del sistema ATP-CF disminuyendo la utilización de glucólisis anaeróbica, las sustancias de desecho como el ácido láctico y retrasando la fatiga. También, incrementa las reservas de glucógeno muscular y ayuda a su recuperación. Se suele ingerir en deportes donde la fuerza muscular es determinante y en forma de monohidrato de creatina. Hay 2 formas de ingesta: carga rápida donde se realiza una

ingesta de 20 g diarios repartidas en 4 tomas durante 5 días, o carga lenta donde se ingiere 3 g diarios durante 28 días. La respuesta a la creatina se ve incrementada con HC disponibles. Sin embargo, no está claro su papel ergogénico ya que en diversos estudios se han obtenido diferentes respuestas (Onzari, 2016). Dentro de los deportes de resistencia, parece ser que el papel más destacado de la creatina es recuperador, aumentando más los niveles de HC cuando se consume ligada a éstos que cuando se consumen HC solamente (Roberts et al., 2016).

Respecto a los BCAA (isoleucina, leucina y valina), se oxidan durante el ejercicio de larga duración con facilidad para conseguir ATP, pero su utilidad va más allá de su oxidación. Los BCAA comparten transportador con el triptófano que es la albúmina. El triptófano unido a la albúmina entrará al SNC y a través de diferentes procesos inhibirá el SNC, acción que disminuirá el rendimiento. Por tanto, cuanto mayor cantidad de BCAA ocupen la albúmina, menor triptófano (cociente triptófano/BCAA menor), y se aumentará el tiempo de actividad física disminuyendo la fatiga central y mejorando el rendimiento (Mittleman et al., 1998). No obstante, otros estudios no encontraron una mejora de rendimiento (Blomstrand et al., 1997). También, cabe destacar que una mayor utilización de BCAA durante el ejercicio provocará una mayor oxidación de éstos, aumentando a su vez la cantidad de amonio (NH₃) en el SNC, pudiendo alterar su funcionamiento y provocando una fatiga central (Wilkinson et al., 2010 y Meeusen et al., 2006). Por ello, diversos estudios han encontrado mejoras en el rendimiento con la suplementación de BCAA y otros no.

Sin embargo, con la combinación de BCAA, arginina y citrulina parece que se consigue un mantenimiento de la excreción de amonio en el SNC debido a la estimulación del ciclo de la urea, consiguiendo así los beneficios de los BCAA sin provocar una disminución del rendimiento debido a los efectos secundarios de la oxidación de las proteínas (Cheng et al., 2016).

Por otro lado, existen indicios de la literatura científica de que la ingesta de zumo de remolacha (nitratos y nitritos) durante la actividad física mejora la biodisponibilidad de óxido nítrico disminuyendo el consumo de oxígeno para una misma carga y mismo lactato. Esto se puede deber a una mayor eficiencia muscular y un aumento en la eficiencia mitocondrial, requiriendo menor ATP en una contracción muscular y menor consumo de oxígeno para resíntesis mitocondrial de ATP. Es muy posible que estos efectos sean debidos al efecto vasodilatador ejercido por el óxido nítrico derivado de los nitratos y nitritos presentes en el zumo de remolacha.

Existen estudios como el de Vasconcellos et al. (2017) en el que comentan que la ingesta de un gel rico en nitratos no mejora el rendimiento, pero aumenta los niveles de óxido nítrico en sangre. Por otro lado, parece que ingerir 800 mg/día durante 6 días mejoraba el rendimiento en test intermitente realizado por futbolistas y también incrementaba el óxido nítrico (Nyakayiru et al., 2017). Otro estudio de Shannon et al. (2017) dice que en el efecto beneficioso de los nitratos se encontraba en pruebas de 1500 m, pero no en pruebas de 10000 m. Se podría decir que el zumo de remolacha todavía está en proceso de estudio para que sea considerado una nueva ayuda ergogénica y no está claro el tipo de actividad que puede verse beneficiada por dicho zumo debido a la disparidad de resultados de los diversos estudios analizados (McMahon et al., 2017).

Finalmente, cabe mencionar el estrés oxidativo que se conoce como el proceso por el cual el organismo genera sustancias reactivas del oxígeno (RONS) o radicales libres (RL) que condicionan el rendimiento del deportista. Este estrés oxidativo se produce debido a la demanda metabólica de oxígeno y aumentará con la intensidad y la duración del ejercicio siendo un factor a tener en cuenta en la fatiga. La producción excesiva de RL durante la actividad física y la incapacidad de los sistemas antioxidantes corporales para mitigarlos se conoce como desequilibrio oxidativo.

Para minimizar los efectos nocivos del metabolismo aeróbico, se recomienda el uso de agentes nutricionales antioxidantes como distintas frutas y verduras. La ingesta de estos alimentos no conlleva una mejora en el rendimiento durante la carrera, pero puede reducir el daño muscular en corredores de larga distancia, favoreciendo la recuperación.

Un agente con gran poder antioxidante es la granada y su zumo que es el alimento a través del cual se va a desarrollar una propuesta de ayuda ergogénica en este trabajo de fin de grado. La granada es un fruto que se compone de la corteza que posee el 92% de las propiedades antioxidantes de la fruta, las membranas internas, los granos o arilos donde se encuentra la mayor cantidad de minerales y vitaminas y por último las semillas que poseen capacidad antioxidante y antiinflamatoria.

El zumo de granada contiene vitamina C, E, A, B1, K y betacarotenos. También contiene una serie de minerales como son el hierro, calcio, zinc y principalmente potasio, muchos de ellos esenciales en la actividad física. No obstante, este trabajo se va a centrar en las propiedades beneficiosas de la granada referidas a su gran capacidad antioxidante por su alto contenido en polifenoles.

En deportes de larga distancia parece ser que el zumo de granada aporta beneficios al deportista ya que su consumo inmediatamente posterior al ejercicio disminuye la cantidad de marcadores de estrés oxidativo. Según el estudio de Seeram et al. (2005) donde compararon el zumo de granada con zumos de otras frutas, se vio que es un 20% más potente que las otras bebidas.

En el estudio de Fuster-Muñoz et al. (2016) se trabajó con una muestra de corredores de larga distancia repartidos en 3 grupos. El primer grupo tomó 200 ml de zumo de granada, el segundo grupo tomó 200 ml de zumo de granada diluido con agua 1:1, y el tercer grupo (grupo control) tomó otra pieza de fruta con el mismo valor energético. Durante 22 días de intervención, se observó que en los 2 primeros grupos disminuían con respecto al grupo control, los valores de los marcadores de estrés oxidativo como el malondialdehído (MDA, marcador de la degradación oxidativa de las membranas celulares y lípidos intracelulares), los carbonilos proteicos (marcadores de la degradación de proteínas oxidadas) y la proteína C-reactiva (PCR) que aumenta sus niveles con relación a la inflamación.

Estos resultados continuaban hasta 3 semanas post intervención y muestran las propiedades beneficiosas antioxidantes del zumo de granada para combatir el desequilibrio oxidativo producido durante la actividad física aeróbica extensiva.

Cabe destacar como conclusión, en esta revisión bibliográfica, que al igual que existen diferentes fases de entrenamiento donde los objetivos marcan el tipo y la intensidad de éste, también se deben utilizar diferentes ayudas ergogénicas según el objetivo de la fase de entrenamiento del deportista (Esteve, 2007). Respecto al zumo de granada exprimido natural, aprovechando sus propiedades antioxidantes se puede utilizar como ayuda ergogénica durante la carrera y principalmente posterior al ejercicio a forma de recuperador.

3. Propuesta de innovación.

En el presente TFG se va a realizar una propuesta de innovación que consistirá en proporcionar una serie de datos para elaborar una ayuda ergogénica basada en el zumo de granada para su utilización en carreras a pie de larga distancia y en la recuperación post-carrera.

El objetivo será diseñar un suplemento con una buena palatabilidad para su consumo y cuya concentración de HC se encuentre entre 5-7 g/100 mL con la idea de evitar la retención

gástrica, si se administrara en forma de bebida. Respecto a la cantidad total de HC aportados por el consumo de dicho suplemento habrá que tener en cuenta las indicaciones comentadas anteriormente: 30 g/h para pruebas de 1-2 h de duración, 60 g/h para pruebas de 2-3 h de duración y hasta 90 g/h para pruebas superiores a las 3h. El deportista deberá controlar la cantidad de líquido a ingerir para cubrir estos requerimientos evitando la pérdida de fluidos de más de 2-3% de peso corporal. No obstante, el consumo se debe realizar de forma controlada y en pequeños sorbos.

El zumo de granada tiene una concentración final de 14-16 g de HC/100 mL, por lo que debería idearse una versión diluida del mismo para su consumo durante la prueba si se consumiera en forma líquida. Sin embargo, es adecuado el uso del zumo exprimido natural para la recuperación post-carrera por el aporte de HC y antioxidantes. Además, su consumo puede combinarse con barritas energéticas que aporten proteínas para favorecer el rellenado de los depósitos de glucógeno y reparar el tejido muscular dañado. Por tanto, debe consumirse 1,2-1,5 g de HC/kg y 0,3 g de P/kg con la idea de reponer el glucógeno consumido durante la carrera y recambiar las proteínas degradadas respectivamente.

Por otro lado, una alternativa al consumo de líquido durante la prueba serían los geles. Los líquidos son incómodos de llevar por parte de algunos corredores y su ingesta puede producir atragantamiento al tener que modificar el ritmo respiratorio para poder beber.

Con la idea de conocer qué formato podría ser mejor aceptado por los corredores, se elaboró un cuestionario (Anexo 1) que se pasó a diferentes clubs de atletismo de la provincia de Alicante: Club de Triatlón Tri-net y Club de Atletismo Alcoy. El cuestionario también se pasó a 27 participantes de la media maratón de Valencia siendo la muestra total de 56 participantes (37 varones y 19 mujeres) con una edad promedio de 39,44 años.

El 71,4% de las personas que participaron tenían experiencia en carreras de larga distancia ya que competían desde hace más de 3 años, el 35,7% solían competir en media maratón, el 16,1% en trail de montaña de larga distancia y el 26,8% en carreras de 10 km.

Los deportistas entrevistados eran conscientes de que las pruebas que realizaban requerían una preparación física adecuada, ya que el 91% de los deportistas entrenaban 3 o más días a la semana. Sin embargo, respecto a su planificación nutricional sólo un 42,8% llevaba siempre una organización respecto a la comida previa a la competición y tan solo un 10,7% tenía además un experto detrás de ese plan nutricional.

Este cuestionario facilitó información acerca de qué formato de ayuda ergogénica era preferida por los corredores para facilitar los HC y en qué momento de la carrera solía ser consumida. Los resultados indicaron que el gel era el formato preferido (46,4%) seguido de suplementos sólidos en forma de barritas (21,4%) y por último los líquidos (14,3%). Los corredores solían planificar la ingesta de la ayuda ergogénica a partir de un kilómetro determinado de la carrera (53,6%), mientras que otros preferían aprovechar los avituallamientos (35,7%). También había participantes (14,3%) que no utilizaban ningún tipo de ayuda ergogénica, tan sólo agua.

De todos los deportistas entrevistados, tan solo el 12,5% sufría problemas gastrointestinales durante la carrera.

Respecto a la planificación nutricional después de la carrera, sólo un 30,3% llevaba un plan nutricional y un 8,9% tenía un nutricionista detrás de ese plan. Un 51,8% de los encuestados ingerían lo que había en casa cuando llegaban, sin distinción.

Recopilando todos los datos mencionados en este apartado y los resultados de las encuestas (Anexo 2), durante la carrera de larga distancia, la propuesta basada en el zumo de granada en formato líquido implicaría 2 botellines de 200 mL de zumo de granada natural (14-

16g de HC/100mL) diluido con agua (1:1) obteniendo una cantidad de 14-16 g de HC/200mL, sabiendo que un deportista debe consumir hasta 30 g de HC/h en carreras a pie con una duración de 1-2h. Además, dependiendo de las condiciones climatológicas y la duración de la prueba se ingiere entre 0,6-1 L/h aproximadamente, por tanto, el deportista debería aprovechar los avituallamientos e hidratarse debido a que los botellines aportarían la necesidad adecuada de HC, pero no de fluido. Este formato sería interesante para un deporte como el ciclismo donde se pueden transportar con facilidad líquidos pero inviable para la carrera a pie, a no ser que el corredor tuviera su avituallamiento particular, ya que le supondría un peso extra y una molestia a la hora de correr que podría modificar su técnica de carrera. En este contexto, los cuestionarios realizados no indican las bebidas como una primera opción ergogénica durante la carrera. Por el contrario, los geles pueden aportar hasta 30 g de HC en 100 g, es decir, lo que se consumiría en 1 h, pero con un peso más reducido y más cómodo de transportar. Ahora bien, los geles deben consumirse poco a poco durante la carrera (nunca de golpe) y aprovechar los avituallamientos para beber agua e hidratarse. Por lo tanto, una propuesta piloto para la carrera a pie serían paquetes de 100 g de gel, conteniendo 30 g de HC y los polifenoles de la granada para contrarrestar el estrés oxidativo durante la carrera, además de un sabor agradable.

Por otro lado, de cara a la recuperación post competición se propone una ayuda ergogénica compuesta por zumo exprimido natural debido a su alta concentración de HC y su capacidad altamente antioxidante (polifenoles) sabiendo que el aporte recomendado post competición de HC es de 1,2-1,5g/kg peso corporal, siendo la concentración del zumo de 14 g de HC/100ml. Esta ayuda puede acompañarse de una barrita proteica con sabor a granada para favorecer el rellenado de los depósitos de glucógeno y reparar daño muscular sabiendo que la cantidad recomendada a ingerir de P es de 0,3 g/kg peso corporal. De esta forma un deportista de 70 kg deberá ingerir 72-105 g de HC que equivalen a 500-750 mL de zumo de granada exprimido natural y 21 g de P a través de la barrita proteica con sabor a granada.

4. Bibliografía

- Blomstrand, E., Hassmén, P., Ek, S., Ekblom, B. y Newsholme, E. A. (1997). Influence of ingesting a solution of branched-chain amino acids on perceived exertion during exercise. *Acta Physiologica*, 159(1), 41-49.
- Burke, L. (2009). *Nutricion En El Deporte/Nutrition in Sport: Un Enfoque Practico/a Practical Approach*. Ed. Médica Panamericana.
- Cheng, I. S., Wang, Y. W., Chen, I. F., Hsu, G. S., Hsueh, C. F. y Chang, C. K. (2016). The supplementation of branched-chain amino acids, arginine, and citrulline improves endurance exercise performance in two consecutive days. *Journal of sports science & medicine*, 15(3), 509.
- Chicharro, J. L. y Vaquero, A. F. (2006). *Fisiología del ejercicio*. Ed. Médica Panamericana.
- Cruz, R. S. D. O., de Aguiar, R. A., Turnes, T., Guglielmo, L. G. A., Beneke, R. y Caputo, F. (2015). Caffeine affects time to exhaustion and substrate oxidation during cycling at maximal lactate steady state. *Nutrients*, 7(7), 5254-5264.
- De Bock, K., Derave, W., Eijnde, B. O., Hesselink, M. K., Koninckx, E., Rose, A. J. y Hespel, P. (2008). Effect of training in the fasted state on metabolic responses during exercise with carbohydrate intake. *Journal of Applied Physiology*, 104(4), 1045-1055.

- De Oliveira, E. P. y Burini, R. C. (2014). Carbohydrate-dependent, exercise-induced gastrointestinal distress. *Nutrients*, 6(10), 4191-4199.
- Esteve Lanao, J. (2007). *Periodización y control del entrenamiento en corredores de fondo*
- Febbraio, M. A., Snow, R. J., Hargreaves, M., Stathis, C. G., Martin, I. K. y Carey, M. F. (1994). Muscle metabolism during exercise and heat stress in trained men: effect of acclimation. *Journal of Applied Physiology*, 76(2), 589-597.
- Fuster-Muñoz, E., Roche, E., Funes, L., Martínez-Peinado, P., Sempere, J. M., y Vicente-Salar, N. (2016). Effects of pomegranate juice in circulating parameters, cytokines, and oxidative stress markers in endurance-based athletes: A randomized controlled trial. *Nutrition*, 32(5), 539-545.
- Goldstein, E. R., Ziegenfuss, T., Kalman, D., Kreider, R., Campbell, B., Wilborn, C. y Wildman, R. (2010). International society of sports nutrition position stand: caffeine and performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 7(1), 5.
- Hulston, C. J., Venables, M. C., Mann, C. H., Martin, C., Philp, A., Baar, K. y Jeukendrup, A. E. (2010). Training with low muscle glycogen enhances fat metabolism in well-trained cyclists. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(11), 2046-2055.
- McArdle, W. D., Katch, F. I. y Katch, V. L. (2004). Energy for physical activity. *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance*, 153.
- McMahon, N. F., Leveritt, M. D. y Pavey, T. G. (2017). The effect of dietary nitrate supplementation on endurance exercise performance in healthy adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 47(4), 735-756.
- Meeusen, R., Watson, P., Hasegawa, H., Roelands, B. y Piacentini, M. F. (2006). Central fatigue. *Sports Medicine*, 36(10), 881-909.
- Mittleman, K. D., Ricci, M. R. y Bailey, S. P. (1998). Branched-chain amino acids prolong exercise during heat stress in men and women. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(1), 83-91.
- Nyakayiru, J., Jonvik, K. L., Trommelen, J., Pinckaers, P. J., Senden, J. M., van Loon, L. J. y Verdijk, L. B. (2017). Beetroot juice supplementation improves high-intensity intermittent type exercise performance in trained soccer players. *Nutrients*, 9(3), 314.
- Onzari, M. (2016). Ayudas ergogénicas nutricionales en la Alimentación del Deportista. *Sociedad Argentina de Nutrición*.
- Rapoport, B. I. (2010). Metabolic factors limiting performance in marathon runners. *PLoS computational biology*, 6(10).
- Roberts, P. A., Fox, J., Peirce, N., Jones, S. W., Casey, A. y Greenhaff, P. L. (2016). Creatine ingestion augments dietary carbohydrate mediated muscle glycogen supercompensation during the initial 24 h of recovery following prolonged exhaustive exercise in humans. *Amino Acids*, 48(8), 1831-1842.
- Sanz, J. M. M., Otegui, A. U. y Ayuso, J. M. (2013). Necesidades energéticas, hídricas y nutricionales en el deporte. *European Journal of Human Movement*, (30), 37-52.
- Seeram, N. P., Adams, L. S., Henning, S. M., Niu, Y., Zhang, Y., Nair, M. G. y Heber, D. (2005). In vitro antiproliferative, apoptotic and antioxidant activities of punicalagin, ellagic acid and a total pomegranate tannin extract are enhanced in combination with other

polyphenols as found in pomegranate juice. *The Journal of nutritional biochemistry*, 16(6), 360-367.

Shannon, O. M., Barlow, M. J., Duckworth, L., Williams, E., Wort, G., Woods, D. y O'Hara, J. P. (2017). Dietary nitrate supplementation enhances short but not longer duration running time-trial performance. *European journal of applied physiology*, 117(4), 775-785.

Thomas, D. T., Erdman, K. A. y Burke, L. M. (2016). American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(3), 543-568.

Tortora, G. J., Grabowski, S. R., Werneck, A. L., Esbérard, C. A. y Passos, M. A. F. (2002). *Principios de anatomía y fisiología* (Vol. 7). Oxford University Press.

Urdampilleta, A., Giménez, J. y Roche, E. (2015). *Bases Biológicas para el Asesoramiento Nutricional y Deportivo Personalizado*. Barcelona: Limencop, SL.

Urdampilleta, A., Giménez, J. y Roche, E. (2015). *Planificación Nutricional y Deportiva Personalizada. Nutrición, Entrenamiento, Suplementación y Estrategias Motivacionales*. Barcelona: Limencop, SL.

Vasconcellos, J., Henrique Silvestre, D., Dos Santos Baião, D., Werneck-de-Castro, J. P., Silveira Alvares, T. y Paschoalin, V. M. F. (2017). A single dose of beetroot gel rich in nitrate does not improve performance but lowers blood glucose in physically active individuals. *Journal of nutrition and metabolism*, 2017.

Vieira, A. F., Costa, R. R., Macedo, R. C. O., Coconcelli, L. y Krueh, L. F. M. (2016). Effects of aerobic exercise performed in fasted v. fed state on fat and carbohydrate metabolism in adults: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Nutrition*, 116(7), 1153-1164.

Wilkinson, D. J., Smeeton, N. J. y Watt, P. W. (2010). Ammonia metabolism, the brain and fatigue; revisiting the link. *Progress in neurobiology*, 91(3), 200-219.

Wilmore, J. H. y Costill, D. L. (2004). *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Editorial Paidotribo.

5. Anexos

Anexo 1. Cuestionario sobre ayudas ergogénicas durante la competición en deportes de resistencia (carrera a pie).

Nombre y apellidos:

Edad:

Peso:

Responde la opción que más se ajuste a tu respuesta.

1 ¿Cuándo comenzaste a competir?

-Hace >3 años

-Hace 2 años

-El año pasado

-Este año

2 ¿Cuántos días entrenas por semana?

0

1

2

3

4

>4

3 ¿En qué distancia sueles competir?

<5k -5k -10k -½ Maratón -Maratón -Trail -UltraTrail
-Triatlón

4 ¿Cómo te preparas antes de la competición? ¿Qué suele llevar tu comida previa a la competición y cuándo la ingieres?

- a) No ingiero nada pre-competición.
- b) Lo que hay en casa antes de salir.
- c) Intento organizar una comida adecuada para rellenar los depósitos de glucógeno.
- d) Siempre llevo una organización respecto a la comida previa a la competición y conozco que debo ingerir.
- e) Tengo un plan nutricional realizado por un experto.

5 ¿Qué sueles tomar durante la competición además de agua? Redondea la(s) opción(es)

-Nada -Gel -Sólido -Líquido

6 ¿Cuándo sueles tomártelo?

- a) Cuando me siento exhausto/a.
- b) Después de un tiempo determinado .
- c) Aprovecho los avituallamientos.
- d) Cuando me apetece

d) 7 ¿Cómo preferirías tomártelo? ¿En qué formato?

-Gel -Barrita (sólido) -Líquido

8 ¿Sufres algún problema gastrointestinal durante la carrera?

-Sí -No -No lo sé -Es mi primera carrera

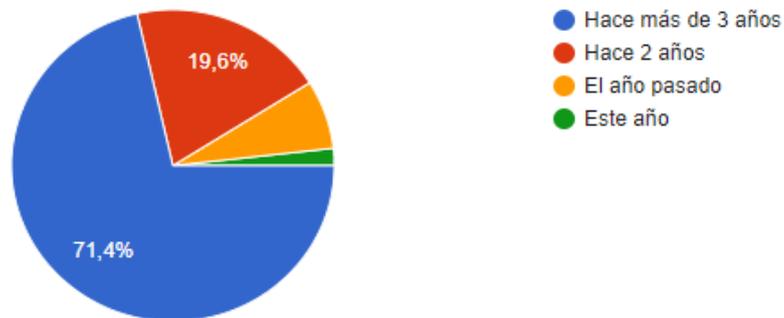
9 ¿Después de la carrera cómo sueles recuperar? ¿Qué suele llevar tu comida posterior a la carrera?

- a) No ingiero nada post-competición.
- b) Lo que hay en casa cuando llego.
- c) Intento organizar una comida adecuada para rellenar los depósitos de glucógeno.
- d) Siempre llevo una organización respecto a la comida posterior a la competición y conozco que debo ingerir.
- e) Tengo un plan nutricional realizado por un experto.

Anexo 2. Resultados de los cuestionarios.

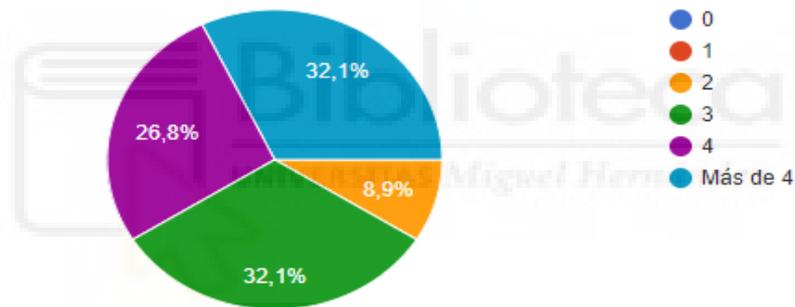
1. ¿Cuándo comenzaste a competir?

56 respuestas



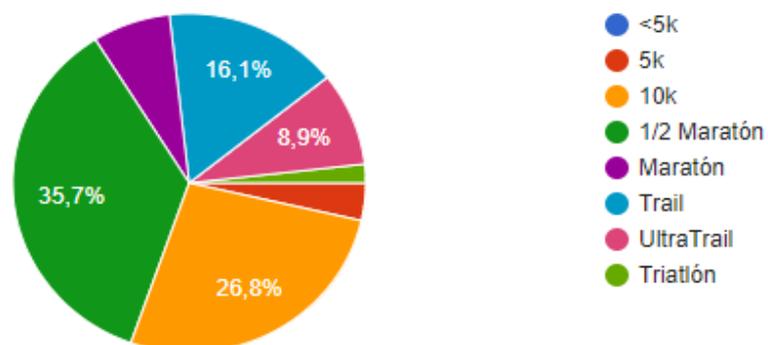
2. ¿Cuántos días entrenas por semana?

56 respuestas



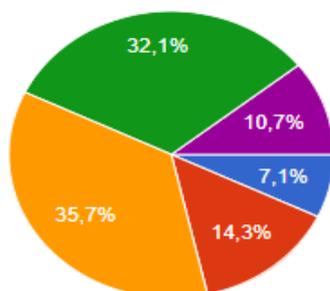
3. ¿En qué distancia sueles competir?

56 respuestas



4. ¿Cómo te preparas antes de la competición? ¿Qué suele llevar tu comida previa a la competición y cuándo la ingieres?

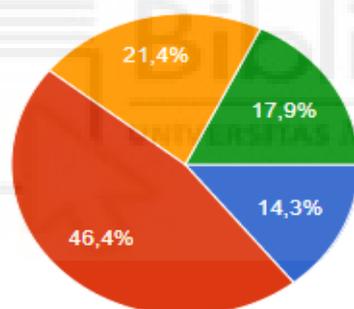
56 respuestas



- No ingiero nada pre-competición.
- Lo que hay en casa antes de salir.
- Intento organizar una comida adecuada para rellenar los depósitos de glucógeno.
- Siempre llevo una organización respecto a la comida previa a la competición y conozco que debo in...
- Tengo un plan nutricional realizado por un experto.

5. ¿Qué sueles tomar durante la competición además de agua? Marca la(s) opción(es)

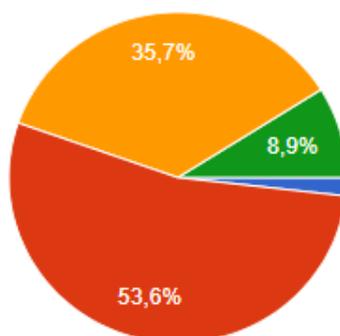
56 respuestas



- Nada
- Gel
- Sólido
- Líquido

6. ¿Cuándo sueles tomártelo?

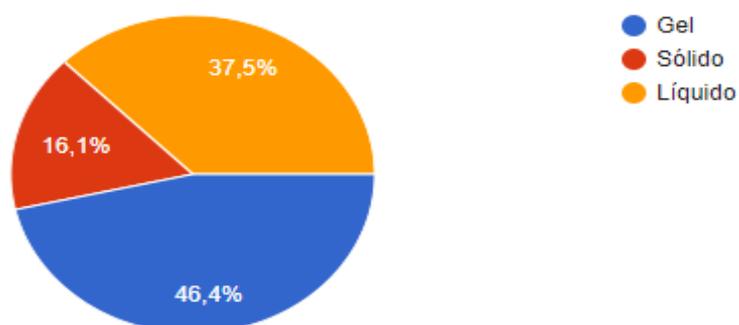
56 respuestas



- Cuando me siento exhausto/a.
- Después de un tiempo determinado.
- Aprovecho los avituallamientos.
- Cuando me apetece.

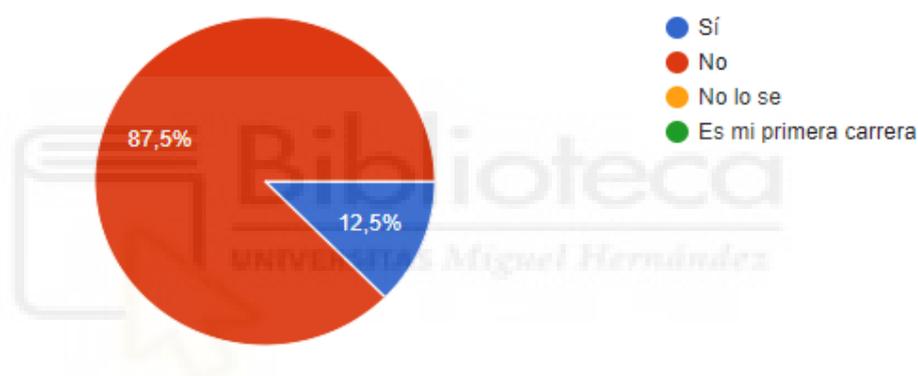
7. ¿Cómo preferirías tomártelo? ¿En qué formato?

56 respuestas



8. ¿Sufres algún problema gastrointestinal durante la carrera?

56 respuestas



9. ¿Después de la carrera cómo sueles recuperar? ¿Qué suele llevar tu comida posterior a la carrera?

56 respuestas

