

## Glucemia y rendimiento en ciclistas amateur de resistencia participantes de «La Quebrantahuesos»

### Glycemia and performance in endurance amateur cyclists participating in «The Quebrantahuesos»

Javier Simón-Grima, Nerea Cristina Estrada-Marcén, Daniel Cremades Arroyos, Enrique Serrano Ostáriz  
Universidad de Zaragoza (España)

**Resumen.** Debido al aumento del número de personas que compiten en eventos deportivos y la importancia que tiene la nutrición, salud y rendimiento en las diferentes disciplinas deportivas, más concretamente en las de larga duración como el ciclismo, el objetivo de nuestro estudio fue analizar la asociación entre los niveles de glucosa en sangre post-ejercicio con los síntomas clínicos manifestados, la edad, el entrenamiento previo y el rendimiento en ciclistas *amateur* que compiten en pruebas de larga duración. La muestra fue de 104 (6 de ellos no finalizaron la prueba) ciclistas *amateur* masculinos españoles, los cuales realizaron la prueba cicloturista llamada «Quebrantahuesos». Se realizaron análisis de Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ), t-student, y regresiones logísticas. Se observó una clara disminución de la glucemia y el peso corporal pre y post- ejercicio. No se encontró ninguna correlación entre la glucemia post-ejercicio y la edad de los ciclistas, kilómetros de entrenamiento previos a la carrera, rendimiento de la prueba y cortisol. Por los resultados de esta investigación, podemos concluir que las pruebas de ciclismo en carretera de larga duración inducen a una clara disminución de la glucemia durante el ejercicio. Pese a esto, la hipoglucemia en el deportista parece que es bien tolerada, ya que los sujetos presentaron una escasa clínica al finalizar la prueba y esta no se correspondía con los signos o síntomas clásicos de la hipoglucemia. Además, el nivel de glucosa en sangre al finalizar la prueba no influyó en el rendimiento de la misma.

**Palabras clave.** Ejercicio físico, pruebas ciclistas, glucosa, rendimiento físico, hipoglucemia.

**Abstract.** Owing to the increased number of persons taking part in sporting events and the importance of diet, health, and performance in different sports disciplines, especially those of long duration such as cycling, the aim of our study was to analyze the association between post-exercise glycemia and clinical symptoms, age, pre-training, and performance in amateur cyclists competing in long-duration races. The sample was composed by 104 (six cyclists did not finish the race) Spanish male amateur cyclists, who performed the cycle-tourist race «Quebrantahuesos». Chi-square ( $\chi^2$ ), t-student, and logistic regression analyses were performed. There was a significant decrease in glycemia and weight pre and post-exercise. No correlation was found between post-exercise glycemia and the age of cyclists, kilometers covered in previous trainings, performance, and cortisol levels. Based on the results of this study, we can conclude that long-duration-race cycling leads to a clear decrease in blood glucose during exercise. Despite this, hypoglycemia in athletes seems to be well tolerated, as the subjects manifested very few symptoms at the end of the race and these did not correspond to the classic signs of hypoglycemia. Further, glycemia post-exercise did not affect performance.

**Keywords.** Physical exercise, cycling race, glucose, physical performance, hypoglycemia.

### Introducción

La alimentación tiene un papel fundamental en el deporte de alto rendimiento (Meyer, O'Connor, & Shirreffs, 2007), ya que, una correcta ingesta de macronutrientes y micronutrientes conlleva una adecuada recuperación de los depósitos celulares, preparando al organismo para esfuerzos posteriores (Rowlands et al., 2007). Mientras que hace 100 años se creía que la proteína era el componente más importante de la dieta de un atleta, hoy en día parecen ser los carbohidratos (CHO) (Jeukendrup, 2004). Krogh & Lindhardt (Krogh & Lindhardt, 1920) fueron probablemente los primeros en reconocer la importancia de los CHO como fuente de combustible durante el ejercicio, y es que la glucosa obtenida en los alimentos realiza diferentes funciones dependiendo de las necesidades del organismo y del momento (Chicharro & Vaquero, 2006).

Durante el ejercicio, los depósitos de glucógeno muscular disminuyen progresivamente al aumentar la duración del mismo (Chicharro & Vaquero, 2006). Su utilización es mayor en los primeros 15-20 minutos y disminuye conforme aumenta el tiempo de ejercicio al incrementarse la implicación de las grasas como fuente energética (Zouhal, Jacob, Delamarche,

& Gratas-Delamarche, 2008). Nuestro hígado puede producir glucosa a un ritmo de 10 gr · hora. Si el deportista se encuentra a una intensidad de entre el 70% y el 75% del consumo de oxígeno máximo ( $VO_2$  máx.), los depósitos musculares y hepáticos se consumirían después de 4 horas (aproximadamente a los 310') (Op. Cit). Con respecto al  $VO_2$  máx, es importante destacar que, estudios como el realizado por Varela, Castiñeiras & Figueroa (2013) concluyeron que no existe correlación entre éste y variables como la modalidad deportiva. Además, en relación con la glucosa y la intensidad del ejercicio, en personas con diabetes mellitus tipo 2, se recomienda la práctica de ejercicio físico (ciclismo entre otros) a intensidades que van desde el 40% del  $VO_2$  máx a más de un 60% del mismo (dependiendo del nivel del deportista) (Fernández-Baños, 2016). Cuando las cifras de glucosa en sangre son inferiores a 45 mg/Dl (2,5 mmol/L), se observan síntomas de neurogluopenia y un alivio con la administración de glucosa, se puede considerar que esa persona se encuentra en estado de hipoglucemia extrema (Service, 1999). Cuando se produce una caída súbita de la glucosa plasmática, el cerebro se protege normalmente contra la hipoglucemia a través de una serie de respuestas autonómicas, incluyendo la inhibición de la secreción de insulina y la liberación secuencial de glucagón, epinefrina, norepinefrina, cortisol (ACTH) y hormona del crecimiento (Gerich, Mookan, Veneman, Korytkowski, & Mitrakou, 1991; Mitrakou et al., 1991).

Desde hace décadas, algunos autores han sugerido que

Fecha recepción: 05-02-19. Fecha de aceptación: 15-06-19  
Nerea Cristina Estrada Marcén  
nereaes@unizar.es

los bajos niveles de glucosa en sangre son una de las causas de la fatiga (Levine, Gordon, & Derick, 1924), así como la deshidratación (Jeukendrup, 2011). Otros síntomas comunes de la hipoglucemia son el malestar general, incapacidad para concentrarse o pensar con lucidez, gran pérdida de energía, aumento de la sudoración o visión doble (diplopía) en casos extremos (Chicharro & Vaquero, 2006). Parece probable que la fatiga inducida por la hipoglucemia este muy relacionada con la reducción de energía en el cerebro, deteriorándose la capacidad de mantener los órdenes neurales a los músculos esqueléticos durante la contracción sostenida (Nybo & Secher, 2004).

Los deportistas que compiten en disciplinas de larga distancia (ciclismo, maratón, etc.) e ingieren cantidades insuficientes de CHO durante las horas previas al comienzo del ejercicio o durante el ejercicio, ya sea por desconocimiento o por control excesivo de su peso corporal, son quienes tienen mayor riesgo de sufrir hipoglucemias de ejercicio (Holtzhausen & Noakes, 1997). Se ha comprobado que la captación de glucosa es mayor en los sujetos entrenados y aumenta de forma continuada durante el ejercicio intenso y prolongado, de modo que no parece limitar el rendimiento del ejercicio (Angus, Febbraio, & Hargreaves, 2002). Existen numerosos trabajos que han estudiado la evolución de la concentración sanguínea de glucosa durante este tipo de ejercicio (Junior et al. 2018; Bell et al. 2017; Rowlands et al. 2015). En los estudios en los cuales los sujetos no ingirieron CHO durante el ejercicio, los autores encontraron que la concentración sanguínea de glucosa disminuyó durante el ejercicio (Costill & Hargreaves, 1992; Davis, 1992; Ryan, Bleiler, Carter, & Gisolfi, 1989). Por el contrario, las investigaciones en las cuales los sujetos tomaron alimentos ricos en CHO durante el ejercicio, la concentración sanguínea de glucosa al final del ejercicio no disminuyó o lo hizo en menor medida que sin la ingesta de CHO (Brouns et al., 1989; Keul et al., 1981).

A pesar de que un gran número de publicaciones estudian la glucemia y el ejercicio, bajo nuestro conocimiento, ninguna de ellas hace referencia a la relación entre la glucemia y el rendimiento deportivo en una prueba de larga duración. Debido a esto, el principal objetivo del presente estudio fue analizar, en una prueba de larga duración, las concentraciones de glucemia al finalizar la prueba y su relación con la edad, el entrenamiento previo, el rendimiento y los síntomas clínicos manifestados por los participantes.

## Material y métodos

### Sujetos

104 ciclistas *amateur* masculinos que participaron en la Carrera Ciclista Quebrantahuesos (QH) de 2017 fueron reclutados mediante una invitación abierta vinculada a la página web oficial de la organización de la carrera. El tamaño de la muestra estaba limitado por los recursos en relación a la valoración médica. Se completó un cuestionario para obtener datos demográficos, antecedentes de entrenamiento, factores de riesgo cardiovascular, antecedentes de síntomas cardíacos (si los hubo) e historial de competición de eventos previos. Los criterios de exclusión fueron historia cardíaca significativa o electrocardiograma patológico en el examen

inicial. Ya que 6 ciclistas abandonaron durante la carrera (debido a no poder finalizarla), el estudio incluyó 98 ciclistas [media (DE) de edad 39,9 (8,5) años, altura 176,2 (6,5) m, peso 74,2 (8,4) kg, y experiencia de entrenamiento 12(7) años]. El consentimiento informado escrito fue obtenido de cada uno de los sujetos.

### Descripción de la prueba y temperatura

Esta prueba deportiva se desarrolla en el mes de junio en el Pirineo Franco-Aragonés. Tiene un desnivel acumulado de más de 3000m y una distancia total de más de 200 km. Según las estaciones meteorológicas próximas al recorrido de la QH, el día de la prueba se informó de una temperatura mínima de 16°C y una máxima de 40°C. También hay que considerar que esta es una prueba deportiva catalogada de larga duración.

### Recopilación de datos

Los ciclistas fueron evaluados 1 día antes (entre las 18:00-21:00 horas) e inmediatamente (aproximadamente 20 minutos) después de la finalización de la prueba cicloturista. La evaluación incluyó una analítica sanguínea (hematología, bioquímica), mediciones de masa corporal, frecuencia cardíaca (FC), presión arterial y un electrocardiograma de 12 derivaciones. Además, se midió la FC media y máxima en 55 de los 98 ciclistas a través de un monitor de *Polar HR (Polar Team System, Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia)* durante la carrera y descargado con un *Polar Precision Software* de rendimiento (versión 3.0).

### Procedimientos de muestreo de sangre

Se extrajeron las muestras de sangre de una vena antecubital y se recogieron en tubos. Las muestras se centrifugaron rápidamente y el plasma se almacenó por debajo de -80°C. Se recogieron aproximadamente 20 ml de sangre en cuatro tubos: un tubo de muestra coagulado para bioquímica y un tubo EDTA para hematología. Se utilizó el método de la hexoquinasa para determinar la concentración de glucosa. Esta técnica utiliza enzimas hexoquinasa como reactivos a fin de aumentar la especificidad y es el método de referencia. El rango de valores utilizados fue de 60-105 mg/dL.

### Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el Paquete Estadístico de Ciencias Sociales (SPSS), versión 14.0 (SPSS Inc, Chicago, Illinois). Los datos se expresan como las medias con las correspondientes desviaciones estándar. Se utilizaron las pruebas de t de Student por pares para determinar las diferencias entre los valores medios previos y posteriores. Los coeficientes de correlación de Pearson y Spearman se calcularon como estándar. Se consideró que un valor de probabilidad de < 0,05 era significativo.

## Resultados

De los 104 participantes, 6 de ellos no pudieron terminar la prueba. Las características de los sujetos participantes (98) se muestran en la tabla 1.

Como se puede observar en la tabla, la muestra es

Tabla 1.  
Características de la muestra

Participantes (n=98)	Media ± DE	Rango
Edad (años)	39,9±8,5	23-58
Peso (Kg)	74,2±8,4	57,3-109,4
Talla (cm)	176,2±6,5	162,4-192,7
IMC	23,9±2,2	18,6-31,6
% Grasa corporal	16,3±3,37	7,4-25,7
Entrenamiento previo (km)	4315±1637	500-9500
Marca (horas: minutos)	8:11±1:12	6:07-11:26
Experiencia previa (años)	12±7	0-31

DE, Desviación estándar; n, número de sujetos; IMC, Índice de masa corporal

Tabla 2.  
Características de los grupos en función de la glucemia registrada post-prueba

Variables	(Media±DE) n=98		p
	Pre-ejercicio	Post-ejercicio	
Glucemia (mg/dL)	80,8±12,1 R(56-131)	59,5±17,7 R(27-113)	<0,001
Cortisol (g/dL)	8,8±4,5 R(1,6-22,1)	30,1±11,1 R(7,3-64,8)	<0,001
Peso (Kg)	74,2±8,4 R(57,3-109,4)	71,9±8,5 R(54,7-107,5)	<0,001

R, Rango de valores

heterogénea, con una diferencia en la *marca de la prueba* entre el más rápido y el más lento superior a cinco horas. La *carga de entrenamiento* (Km realizados hasta la prueba desde enero) de los cicloturistas también es desigual. La *edad*, como característica fundamental de nuestra muestra, igualmente abarcó un amplio rango de valores. La frecuencia cardíaca promedio medida durante la prueba fue de 149,1±11,7, resaltando que todos los sujetos evaluados alcanzaron en algún momento de la prueba su frecuencia cardíaca máxima. Esta alta intensidad mantenida durante el largo periodo de esfuerzo de la prueba cicloturista realizada (tabla 1) nos sitúa ante una prueba deportiva de carácter extenuante.

La glucemia medida al finalizar la prueba en la totalidad de la muestra, con respecto al día anterior a la misma, disminuyó significativamente ( $p<0,001$ ), y se observa que el rango de glucemia post-prueba es amplio y situándose entre 27 y 113 mg/100ml (tabla 2). El cortisol aumentó significativamente al finalizar la prueba ( $p<0,001$ ) (tabla 2).

Es necesario destacar que pese a que más del 62,2% de los sujetos terminaron la prueba con bajos niveles de glucemia y que en el 21,4% de la muestra los niveles de glucemia estaban por debajo de los 45mg/dL (hipoglucemia severa), los únicos síntomas que presentaron los deportistas durante el tiempo de esfuerzo fueron mareos, náuseas o calambres.

Se observa una clara disminución del peso corporal al finalizar la prueba (-2,3 kg) ( $p<0,001$ ). Esta diferencia del peso corporal se correlaciona con la glucemia post-ejercicio ( $r=-0,260$ ;  $p<0,05$ ).

Para terminar, comentar que no se encontró ninguna correlación entre la glucemia post-ejercicio y la edad de los ciclistas, kilómetros de entrenamiento previos a la carrera, rendimiento de la prueba y cortisol ( $p>0,05$ ).

## Discusión

En el presente estudio, se ha observado una reducción de los niveles de glucosa en sangre al finalizar la prueba cicloturista. También se muestra que la glucemia post-ejercicio no influyó en el rendimiento de la prueba, cumpliendo así con el objetivo principal propuesto del estudio. Todos los participantes del estudio realizaron la prueba con el objetivo de conseguir la mejor marca posible. Además, debido a la experiencia previa de los participantes (12±7 años), estos poseen un gran control sobre sus marcas y rendimiento óptimo en este tipo de pruebas (Ericsson, 1998).

## Niveles de glucosa, edad y ejercicio físico

Los resultados observados en nuestro estudio con respecto a los niveles de glucosa en sangre post-ejercicio, concuerdan con la afirmación de López-Chicharro & Fernández-Vaquero (Chicharro & Vaquero, 2006). Estos autores afirman que las altas temperaturas sufridas en pruebas de la larga duración y alta intensidad son los motivos por los cuales la glucemia se ve muy reducida al finalizar este tipo de competiciones. La edad media de nuestros participantes (39,9±8,5 años) no parece suponer un gran problema a la hora de lograr mejoras en el desempeño máximo deportivo, ya que las prácticas de entrenamiento y las estrategias de nutrición han evolucionado favorablemente, permitiendo a los deportistas de una edad más avanzada seguir progresando (Ericsson, 1990). Sin embargo, el rendimiento en deportes de resistencia disminuye durante la mediana edad y disminuye aún más rápido en la edad avanzada. Los datos disponibles indican que las disminuciones en  $VO_{2max}$  son el contribuyente más claro y consistente en estas reducciones de rendimiento (Tanaka & Seals, 2008). La economía de esfuerzo submáxima parece preservarse con el envejecimiento en atletas de resistencia (Op. Cit). No existe ninguna razón científica para suponer que los atletas de mayor edad responderán de manera diferente a las estrategias de reposición de líquidos y CHO antes y durante la carrera sugeridas para los atletas más jóvenes.

## Glucemia y cortisol

En nuestro estudio, los niveles de cortisol aumentaron al finalizar la prueba. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en un reciente estudio realizado con sujetos que participaron en una carrera de 5km (Keselman, Vergara, Nyberg, & Nystrom, 2017). Parece que, el ACTH experimenta un aumento durante el ejercicio y, en sujetos entrenados, los aumentos de ACTH debidos al ejercicio físico de larga duración, son mayores que en los sedentarios (Chicharro & Vaquero, 2006). Estudios como el de Kraemer & Nicholas (Kraemer & Ratamess, 2005), también apoyan los resultados observados en nuestra investigación. Estos autores afirman que se producen aumentos significativos en los niveles de cortisol y en la corticotropina durante un ejercicio de resistencia, con respuesta similar entre hombres y mujeres.

Con respecto al tipo de ejercicio, control glucémico y resistencia a la insulina, una reciente revisión realizada por Montes de Oca, Gutiérrez & Ponce (2019) concluyó que el entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) podría representar una buena estrategia en relación a estas variables. De hecho, los efectos podrían ser superiores a los observados tras un entrenamiento aeróbico continuo de intensidad moderada, como podría ser el ciclismo.

## Síntomas y signos clínicos manifestados durante la prueba

Cabe destacar que los participantes de nuestro estudio, al finalizar la prueba refirieron haber sentido calambres, sensación de náuseas y mareos ; estos síntomas no se corresponden con la clínica clásica y común de una hipoglucemia (Chicharro & Vaquero, 2006).

A pesar de las bajas cifras de glucemia observadas en nuestro estudio (21,4% presentaron glucemia por debajo de

45mg/100ml) y los valores extremos observados (27 mg/100ml), los ciclistas fueron capaces de terminar esta prueba tan exigente. A la llegada, relataron encontrarse en buen estado y pudieron esperar en el laboratorio a terminar los test propuestos de la valoración post-esfuerzo sin realizar ingestas ni ninguna reposición hídrica.

Parece que, los escasos síntomas que padecen los cicloturistas se deben a la ingesta mantenida de CHO, especialmente de bebidas con azúcar, lo que contribuye a aumentar el rendimiento, mejorando la resistencia a la fatiga en los deportes aeróbicos (Chicharro & Vaquero, 2006). Este mecanismo origina el retraso de la conversión de glucógeno hepático en glucosa sanguínea, manteniendo así los depósitos de glucógeno del hígado y retrasando la hipoglucemia (Op. Cit).

La suplementación con CHO puede prevenir la hipoglucemia y aumentar el tiempo de ejercicio hasta la fatiga (Nybo & Secher, 2004). Solamente dos de los sujetos de nuestro estudio mostraron clínica de mareos e hipotensión. Esto podría deberse a la reducción de la captación de glucosa cerebral, que podría ser consecuencia del inadecuado suministro de energía cerebral (Nybo & Secher, 2004).

#### ***Tolerancia de los sujetos entrenados a la hipoglucemia***

La utilización de glucosa para las mismas intensidades absolutas de ejercicio es menor en los sujetos entrenados en resistencia en comparación con los sujetos sedentarios. El entrenamiento de resistencia reduce el flujo de glucosa durante el ejercicio (Suh, Gum, Hamby, Chan, & Swanson, 2007). Además, el entrenamiento de resistencia puede aumentar la capacidad para utilizar los lípidos y CHO según la intensidad de la actividad (Op. Cit). Varios estudios realizados con atletas de competición han indicado que las dietas bajas en CHO no comprometen el rendimiento de la resistencia aeróbica o de la fuerza explosiva (Lambert, Speechly, Dennis, & Noakes, 1994; Paoli, Bianco, & Grimaldi, 2015; Paoli et al., 2012). La mayoría de los estudios realizados en atletas de resistencia han indicado que la cetosis prolongada resulta en una adaptación, después de la cual los ácidos grasos libres se convierten en el principal combustible metabólico, y la utilización de los CHO se reduce notablemente durante el ejercicio moderado (van Loon, Greenhaff, Constantin Teodosiu, Saris, & Wagenmakers, 2001; Yeo, Carey, Burke, Spriet, & Hawley, 2011). De este modo, se puede explicar que nuestros ciclistas de la QH, pese a reportar unas tasas de hipoglucemia severa, pudieron concluir la prueba en buen estado general.

Durante el ejercicio máximo, el lactato puede sustituir a la glucosa como combustible cerebral. Cabe resaltar que nuestros participantes llegaron a alcanzar altas frecuencias cardíacas. En el caso del ejercicio submáximo prolongado, la concentración arterial de lactato continúa siendo baja (entre 1 y 2 mmol/L) (Nybo & Secher, 2004).

En el ser humano, el papel beneficioso de la ingesta de glucosa durante el ejercicio prolongado parece ayudar en gran medida al mantenimiento del transporte de combustible al cerebro y la captación de glucosa en sangre por parte de los músculos implicados en el ejercicio. Además, parece ayudar también al aumento de la oxidación de los CHO al final del ejercicio, cuando los niveles de glucógeno muscular son bajos (Nybo & Secher, 2004). Se cree que los niveles eleva-

dos de serotonina cerebral, la acumulación de amoníaco u otros cambios homeostáticos en el cerebro humano contribuyen a la fatiga desarrollada durante el ejercicio con la hipoglucemia (Op. Cit).

El mantenimiento de la glucemia durante el ejercicio sin suplementación de glucosa depende de la intensidad y del tipo de ejercicio, así como del entrenamiento y el estado nutricional de los sujetos. Parece que los sujetos entrenados en deportes de resistencia pueden mantener este estado durante al menos 3 horas (Op. Cit).

#### **Conclusiones**

Tras los resultados de nuestro estudio y en relación al objetivo principal del mismo, podemos concluir que en nuestra muestra no se observó correlación entre la glucemia post-ejercicio y la edad de los ciclistas, kilómetros de entrenamiento previos a la carrera, rendimiento de la prueba y cortisol. Además, las pruebas de ciclismo en carretera de larga duración inducen a una clara disminución de la glucemia durante el ejercicio. Pese a esto, la hipoglucemia en el deportista parece que es bien tolerada, ya que, los sujetos presentaron una escasa clínica al finalizar la prueba y esta no se correspondía con los signos o síntomas clásicos de la hipoglucemia. Además, estos síntomas que reportaron los sujetos, no parecen tener relación con las bajas concentraciones de glucosa en sangre, sino con el conjunto de respuestas fisiológicas que ocurren en este tipo de pruebas deportivas de muy larga duración. Además, el nivel de glucosa en sangre al finalizar la prueba no influyó en el rendimiento de la misma. En nuestra opinión, futuras investigaciones deberían analizar en este tipo de deportistas la glucosa capilar calibrada y realizar una valoración más detallada de los síntomas. Futuras investigaciones podrían realizarse en el laboratorio mediante cicloergómetros, evaluando la potencia desarrollada, VO<sub>2</sub>, lactatemia, etc. Comprobar y comparar los datos obtenidos con deportistas de otros deportes de larga duración diferentes al ciclismo se hace necesario para aclarar todos los aspectos vistos en el presente estudio.

#### **Referencias**

- Angus, D. J., Febbraio, M. A., & Hargreaves, M. (2002). Plasma glucose kinetics during prolonged exercise in trained humans when fed carbohydrate. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 283(3), E573-E577.
- Baños, R. F. (2016). Prescripción del ejercicio físico en sujetos con diabetes mellitus tipo 2 y diabetes gestacional. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (29), 134-139.
- Bell, P. G., Furber, M. J., Van Someren, K. A., Antón-Solanas, A., & Swart, J. (2017). The physiological profile of a multiple Tour de France winning cyclist. *Med. Sci. Sports Exerc*, 49, 115-123.
- Brouns, F., Rehrer, N., Saris, W., Beckers, E., Menheere, P., & Ten Hoor, F. (1989). Effect of carbohydrate intake during warming-up on the regulation of blood glucose during exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 10(S 1), S68-S75.
- Chicharro, J. L., & Vaquero, A. F. (2006). *Fisiología del ejer-*

- cicio: Ed. Médica Panamericana.
- Costill, D. L., & Hargreaves, M. (1992). Carbohydrate nutrition and fatigue. *Sports medicine (Auckland, NZ)*, 13(2), 86-92.
- Davis, C. (1992). Body image, dieting behaviours, and personality factors: A study of high-performance female athletes. *International Journal of Sport Psychology*.
- de Oca García, A. M., Manzanedo, J. G., & González, J. G. P. (2019). Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad (HIIT) como herramienta terapéutica en pacientes con Diabetes Mellitus Tipo 2: Una revisión narrativa. *Retos*, 36(36), 633-639.
- Ericsson, K. A. (1990). Peak performance and age: An examination of peak performance in sports. *Successful aging: Perspectives from the behavioral sciences*, 164-196.
- Ericsson, K. A. (1998). The Scientific Study of Expert Levels of Performance: general implications for optimal learning and creativity 1. *High Ability Studies*, 9(1), 75-100.
- García, D. V., Cachaza, D. C., & Domínguez, J. Á. F. (2013). ¿Cómo afecta la modalidad deportiva y sus variables del entrenamiento al pulso máximo de oxígeno?. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (24), 39-45.
- Gerich, J. E., Moka, M., Veneman, T., Korytkowski, M., & Mitrakou, A. (1991). Hypoglycemia unawareness. *Endocrine Reviews*, 12(4), 356-371.
- Holtzhausen, L.-M., & Noakes, T. (1997). Collapsed ultraendurance athlete: proposed mechanisms and an approach to management. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 7(4), 292-301.
- Jeukendrup, A. E. (2004). Carbohydrate intake during exercise and performance. *Nutrition*, 20(7), 669-677.
- Jeukendrup, A. E. (2011). Nutrition for endurance sports: marathon, triathlon, and road cycling. *Journal of sports sciences*, 29(sup1), S91-S99.
- Junior, P. B., de Andrade, V. L., Campos, E. Z., Kalva-Filho, C. A., Zagatto, A. M., de Araújo, G. G., & Papoti, M. (2018). Effect of Endurance Training on The Lactate and Glucose Minimum Intensities. *Journal of sports science & medicine*, 17(1), 117.
- Keselman, B., Vergara, M., Nyberg, S., & Nystrom, F. H. (2017). A randomized cross-over study of the acute effects of running 5 km on glucose, insulin, metabolic rate, cortisol and Troponin T. *PLoS one*, 12(6), e0179401.
- Keul, J., Kohler, B., Von Glutz, G., Lüthi, U., Berg, A., & Howald, H. (1981). Biochemical changes in a 100 km run: carbohydrates, lipids, and hormones in serum. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 47(2), 181-189.
- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2005). Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports medicine*, 35(4), 339-361.
- Krogh, A., & Lindhard, J. (1920). The relative value of fat and carbohydrate as sources of muscular energy: with appendices on the correlation between standard metabolism and the respiratory quotient during rest and work. *Biochemical Journal*, 14(3-4), 290.
- Lambert, E. V., Speechly, D. P., Dennis, S. C., & Noakes, T. D. (1994). Enhanced endurance in trained cyclists during moderate intensity exercise following 2 weeks adaptation to a high fat diet. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 69(4), 287-293.
- Levine, S. A., Gordon, B., & Derick, C. L. (1924). Some changes in the chemical constituents of the blood following a marathon race: with special reference to the development of hypoglycemia. *Journal of the American Medical Association*, 82(22), 1778-1779.
- Meyer, F., O'Connor, H., & Shirreffs, S. M. (2007). Nutrition for the young athlete. *Journal of sports sciences*, 25(S1), S73-S82.
- Mittrakou, A., Ryan, C., Veneman, T., Moka, M., Jenssen, T., Kiss, I., . . . Gerich, J. (1991). Hierarchy of glycemic thresholds for counterregulatory hormone secretion, symptoms, and cerebral dysfunction. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 260(1), E67-E74.
- Nybo, L., & Secher, N. H. (2004). Cerebral perturbations provoked by prolonged exercise. *Progress in neurobiology*, 72(4), 223-261.
- Paoli, A., Bianco, A., & Grimaldi, K. A. (2015). The ketogenic diet and sport: a possible marriage? *Exercise and sport sciences reviews*, 43(3), 153-162.
- Paoli, A., Grimaldi, K., D'Agostino, D., Cenci, L., Moro, T., Bianco, A., & Palma, A. (2012). Ketogenic diet does not affect strength performance in elite artistic gymnasts. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 9(1), 34.
- Rowlands, D. S., Houltham, S., Musa-Veloso, K., Brown, F., Paulionis, L., & Bailey, D. (2015). Fructose-glucose composite carbohydrates and endurance performance: Critical review and future perspectives. *Sports Medicine*, 45(11), 1561-1576.
- Rowlands, D. S., Rössler, K., Thorp, R. M., Graham, D. F., Timmons, B. W., Stannard, S. R., & Tarnopolsky, M. A. (2007). Effect of dietary protein content during recovery from high-intensity cycling on subsequent performance and markers of stress, inflammation, and muscle damage in well-trained men. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(1), 39-51.
- Ryan, A., Bleiler, T., Carter, J., & Gisolfi, C. (1989). Gastric emptying during prolonged cycling exercise in the heat. *Medicine and science in sports and exercise*, 21(1), 51-58.
- Service, F. J. (1999). Diagnostic approach to adults with hypoglycemic disorders. *Endocrinology and metabolism clinics of North America*, 28(3), 519-532.
- Suh, S. W., Gum, E. T., Hamby, A. M., Chan, P. H., & Swanson, R. A. (2007). Hypoglycemic neuronal death is triggered by glucose reperfusion and activation of neuronal NADPH oxidase. *Journal of Clinical Investigation*, 117(4), 910.
- Tanaka, H., & Seals, D. R. (2008). Endurance exercise performance in Masters athletes: age associated changes and underlying physiological mechanisms. *The Journal of physiology*, 586(1), 55-63.
- van Loon, L. J., Greenhaff, P. L., Constantin Teodosiu, D., Saris, W. H., & Wagenmakers, A. J. (2001). The effects of increasing exercise intensity on muscle fuel utilisation in humans. *The Journal of physiology*, 536(1), 295-304.
- Yeo, W. K., Carey, A. L., Burke, L., Spriet, L. L., & Hawley, J. A. (2011). Fat adaptation in well-trained athletes: effects on cell metabolism. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 36(1), 12-22.
- Zouhal, H., Jacob, C., Delamarche, P., & Gratas-Delamarche, A. (2008). Catecholamines and the effects of exercise, training and gender. *Sports medicine*, 38(5), 401.