



**POLITÉCNICA**



Trabajo para la obtención del título de Graduado en Ciencias del Deporte

## **VALIDEZ DE LA DIETA PALEOLÍTICA Y SU EFECTIVIDAD EN EL RENDIMIENTO EN EL CROSSFIT**

**Autor:**

**HELENA RECALDE PUY**

Departamento de Salud y Rendimiento Humano

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (INEF)

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Curso 2014-2015





**POLITÉCNICA**



Trabajo para la obtención del título de Graduado en Ciencias del Deporte

## **VALIDEZ DE LA DIETA PALEOLÍTICA Y SU EFECTIVIDAD EN EL RENDIMIENTO EN EL CROSSFIT**

**Autor:**

**HELENA RECALDE PUY**

**Tutor:**

**Marcela González Gross**

Departamento de Salud y Rendimiento Humano

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (INEF)

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Curso 2014-2015



A mi familia, a pesar de tenerla lejos muchas veces y aún así dispuesta a todo por mí, apoyándome en mis logros y mis caídas. A unos padres que velan por mi bienestar, que sé que siempre estarán ahí.

A aquellos profesores y compañeros que me han enseñado, que me han llevado a hacerme preguntas, que me han despertado curiosidad.

A todos aquellos que me han hecho enamorarme del movimiento, de la danza, del deporte. A aquellos a los que admiro por su forma de moverse, por su forma de enseñar, por su forma de hacer de su pasión su forma de vida.

A Rubén, por estar a mi lado en los buenos y no tan buenos momentos. Por ayudarme a que mi lesión y este período de inactividad no sean un impedimento para continuar avanzando.



## ÍNDICE

Lista de Abreviaturas.....	v
Índice de Tablas.....	vi
I. RESUMEN.....	1
II. INTRODUCCIÓN.....	2
III. MARCO TEÓRICO.....	3
El Crossfit.....	3
Definición.....	3
Estándares del Crossfit.....	4
Metodología.....	5
Perfil metabólico.....	6
Sistemas de energía.....	7
Necesidades nutricionales.....	9
La Paleodieta.....	10
Definición.....	10
Paleodieta para deportistas.....	10
IV. REVISIÓN DE ESTUDIOS.....	11
Evidencia clínica sobre la Paleodieta.....	11
Alimentos no presentes en la Paleodieta.....	14

Cereales.....	14
Lácteos.....	15
Dietas bajas en hidratos de carbono y rendimiento.....	15
Efecto en el rendimiento en ejercicio de resistencia de larga duración.....	16
Efecto sobre el rendimiento en un solo esprín.....	17
Efecto sobre el rendimiento en esprines repetidos.....	17
Efecto sobre el entrenamiento de fuerza.....	18
Dietas cetogénicas y rendimiento.....	19
V. DISCUSIÓN.....	20
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	24
VII. CONCLUSIÓN.....	25
VII. APÉNDICE.....	31



## LISTA DE ABREVIATURAS

AMRAP As many rounds as posible: Tantas repeticiones como sea posible

ATP Trifosfato de adenosina

EMOM Every minute on the minute: Tipo de entreno basado en realizar tantas repeticiones como sea posible de un ejercicio durante un periodo de tiempo de un minuto

HIIT Entrenamiento de alta intensidad

HIPT Entrenamiento de alta potencia sostenida

Kcal kilocaloria

kg Kilogramo

PAI-1 Inhibidor del activador del plasminógeno-1

PCr Fosfocreatina

PFK Fosfofructoquinasa-1

RPE Rango de Esfuerzo Percibido

VO<sub>2</sub>max Volumen máximo de oxígeno

WGA Aglutinina de Germen de Trigo

WOD Entrenamiento del día

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	31
Tabla 2.....	33
Tabla 3.....	35

## RESUMEN

El presente trabajo recopila información acerca del Crossfit y de la Paleodieta, con la bibliografía y estudios científicos disponibles sobre ambos campos. A partir de esta información, así como de otros estudios referentes al consumo de cereales, lácteos y a dietas con diferentes proporciones de hidratos de carbono en el rendimiento deportivo, con los que se pretende complementarla, se valora la adecuación de esta dieta para deportistas, en concreto, para practicantes de Crossfit. La conclusión es que, a pesar de que la dieta Paleolítica podría tener beneficios e incluso estar recomendada en personas sedentarias y/o con ciertas enfermedades, parece no estar justificada para deportistas, en este caso para practicantes de Crossfit. La Paleodieta marca algunas pautas de alimentación muy recomendables, como el consumo de alimentos frescos no procesados. Sin embargo, la prohibición de ciertos grupos de alimentos parece no estar justificada y podría suponer carencias en determinados micronutrientes. Además, la distribución de los macronutrientes de la Paleodieta, en especial la baja contribución de los hidratos de carbono, parece no ser la más adecuada para el rendimiento deportivo en Crossfit.

## ABSTRACT

This paper collects information about Crossfit and Paleodiet, from the available literature and scientific studies on both fields. From this information, as well as other studies related to the consumption of cereals, dairy products and diets with different proportions of carbohydrates in sports performance, the adequacy of this diet for athletes has been assessed, specifically, for Crossfit athletes. The conclusion is that, despite the Paleolithic diet may have benefits even be recommended for sedentary and/or people with certain diseases, it seems unjustified for athletes, in this case for Crossfit athletes. The Paleodiet gives some highly recommended food guidelines such as eating fresh unprocessed foods. However, the ban on certain food groups seems unjustified and could lead to deficiencies in certain micronutrients. Furthermore, the distribution of macronutrients of Paleodiet, especially the low contribution of carbohydrates, does not seem the most appropriate formula for athletic performance in Crossfit.

## INTRODUCCIÓN

Conocí el Crossfit hace dos años, de manera casual, aburrida del entrenamiento en un gimnasio convencional, añorando mis años pasados como deportista. Encontré en el Crossfit un sistema de entrenamiento motivante, divertido, global, donde competir contra mí misma y contra otras personas amantes del deporte como yo. Crossfit es un programa de entrenamiento cuyo objetivo es el de lograr un fitness amplio, general e integral (Glasman, 2010). Fue creado en 1995 por Greg Glassman, un entrenador personal y gimnasta de Santa Cruz, CA. Según la Crossfit Journal, el primer entrenamiento del día (WOD) publicado en internet fue el 10 de febrero del 2001. Hoy en día, la compañía de Crossfit realiza seminarios de acreditación de entrenadores por todo el mundo. Crossfit ha crecido de forma exponencial, de manera que en 2005 había 49 gimnasios afiliados y en la actualidad hay más de 11000 y más de 100000 entrenadores certificados. Por otro lado, han creado lo que ellos denominan el “deporte del Fitness”, los Crossfit Games, donde se busca al hombre y a la mujer más en forma del mundo.

Por otro lado, el Crossfit no es sólo una forma de ejercitarse, sino es en si una filosofía de vida. La manera de enfrentarse a los retos y el deseo de mejorar físicamente, se lleva al resto de los ámbitos de la vida de la mayoría de los practicantes. Es por ello que no sólo el entrenamiento, sino también la alimentación y el descanso cobran una importancia vital. Respecto a la alimentación, hay una gran tendencia a seguir dietas como la “dieta de la Zona” o la “dieta Paleolítica”. Esta es la razón por la que el presente trabajo abordará la dieta Paleolítica y pondrá en tela de juicio su validez, especialmente, para el rendimiento en el Crossfit.

Según el sitio web oficial de CrossFit ([www.crossfit.com](http://www.crossfit.com)), las calorías deben ser divididas entre los macronutrientes de la siguiente manera: las proteínas deben ser magras y variadas y representar alrededor del 30% del total de calorías (se recomienda entre 1,7 y 2 gramos de proteína por kilogramo de masa corporal magra en función de su nivel de actividad); los hidratos de carbono deben ser predominantemente de bajo índice glucémico y representar alrededor del 40% del total de calorías; las grasas deben ser predominantemente monoinsaturadas y representar alrededor del 30% del

total de calorías. Señalan que la dieta debe basarse en hortalizas, especialmente verduras, carnes magras, frutos secos y semillas, poco almidón y azúcar. Una de las dietas que consideran que se adapta a la prescripción del Crossfit es la dieta Paleolítica, entre otras.

No existen estudios que relacionen la dieta Paleolítica y el rendimiento en practicantes de Crossfit. De hecho, hay poca investigación sobre la aplicación de la Paleodieta en deportistas. Es por ello por lo que para el presente trabajo se han recogido estudios sobre la Paleodieta y su eficacia en personas con enfermedad, estudios sobre la eficacia de dietas bajas en hidratos de carbono y/o altas en proteínas y en grasa y estudios en los que se evalúen los problemas/beneficios que conlleva la inclusión en la dieta de alimentos restringidos o prohibidos en la citada dieta.

### III. MARCO TEÓRICO

#### EL CROSSFIT

- Definición

Podemos considerar el Crossfit como una nueva tendencia del entrenamiento y la actividad física. CrossFit es un programa de fuerza y acondicionamiento. La intención original era la de ser un programa de capacitación para el personal de emergencia y primeros auxilios (militares, bomberos, policías, etc.), prepararles para cualquier situación posible que tuvieran que afrontar. Glassman (2002) señala que ningún modo único de ejercicio prepara adecuadamente para todos y cada uno de los retos que se presentan en la vida, y por lo tanto los atletas de una sola disciplina deportiva no se pueden definir como "en forma". Un individuo "en forma", de acuerdo con las normas del CrossFit, es alguien que no es excelente en ningún campo de la actividad física, pero que es "competente" en cada uno de ellos. Según Glassman, su especialidad es la no especialización.

En la Guía de Crossfit, éste es definido como “movimiento funcional con constante variación y ejecutado a alta intensidad”. Define los movimientos funcionales como patrones universales de activación motriz; se realizan en una onda de contracción

desde el centro a las extremidades; son movimientos multiarticulares. Pero se señala que el aspecto más importante es su capacidad de mover grandes cargas en largas distancias y hacerlo de forma rápida. CrossFit es un programa de entrenamiento que incluye ejercicios de powerlifting, levantamientos olímpicos, strongman, gimnasia, ejercicios pliométricos, carrera, etc. Dichos ejercicios se combinan de una manera relativamente aleatoria con un número relativamente aleatorio de repeticiones, con el fin de simular los desafíos al azar e inesperados a los que los servicios de emergencia pueden tener que enfrentarse (Glassman, 2002).

- Estándares del Crossfit

Glassman buscó una definición acertada de “Fitness” y en la bibliografía no encontró nada que cuadrara con su idea. Por este motivo, en el desarrollo del CrossFit, Greg Glassman utilizó tres estándares para conseguir una descripción del citado concepto. Los tres estándares incluyen: 1) las diez capacidades físicas generales (resistencia cardiorrespiratoria, resistencia muscular, fuerza, flexibilidad, potencia, velocidad, coordinación, agilidad, equilibrio y precisión), 2) el modelo “Hopper” y 3) los tres sistemas energéticos utilizados para completar las diferentes tareas (Glassman, 2010).

1) Las diez capacidades físicas generales:

Resistencia cardiorrespiratoria- la capacidad de los sistemas del cuerpo para absorber, asimilar y distribuir oxígeno a los tejidos activos en el cuerpo.

Resistencia - la capacidad del cuerpo para producir, distribuir, almacenar y transformar la energía para soportar un esfuerzo mantenido, ya sea de fuerza o resistencia.

Fuerza- la capacidad de una unidad muscular, o una combinación de unidades musculares, de aplicar la fuerza.

Flexibilidad- la capacidad de maximizar el rango de movimiento de una articulación determinada.

Potencia- la capacidad de una unidad muscular, o combinación de unidades musculares, para aplicar fuerza máxima en un tiempo mínimo.

Velocidad - la capacidad de minimizar el ciclo de tiempo entre movimientos repetidos.

**Coordinación**- la capacidad de combinar varios patrones de movimiento distintos en un movimiento complejo.

**Agilidad**- la capacidad de minimizar el tiempo de transición de un patrón de movimiento a otro.

**Equilibrio**- la capacidad de controlar la colocación del centro de gravedad del cuerpo en relación con su base de sustentación.

**Precisión**- la capacidad de controlar el movimiento en una dirección dada o en una intensidad dada.

2)El segundo estándar de fitness definido por CrossFit se basa en el rendimiento en una variedad de tareas atléticas. Un ejemplo proporcionado por la guía señala:

"Imagínese una tolva cargada con un número infinito de desafíos físicos donde hay un mecanismo selectivo, y le pide realizar hazañas extraídas aleatoriamente de la tolva."

El propósito de esta norma es animar a los participantes a no especializarse en una sola disciplina.

3)El tercer estándar habla las tres vías metabólicas, incluyendo la vía de los fosfágenos, la vía glucolítica y la vía oxidativa. La guía de Crossfit señala que el fitness o la aptitud física integral desarrolla y requiere competencia en cada una de estas tres vías de energía (Glassman, 2010). El uso de los tres sistemas de energía es controlado por la duración, intensidad y ejercicios programados para cada WOD.

- Metodología en el Crossfit

CrossFit utiliza una variedad de ejercicios que se pueden agrupar en tres categorías diferentes: 1) acondicionamiento metabólico o "cardio", 2) la gimnasia, y 3) el levantamiento de pesas. De acuerdo con la guía de entrenamiento, acondicionamiento metabólico se refiere a actividades como andar en bicicleta, correr, nadar, remar, patinaje de velocidad, y el esquí de fondo (Glassman, 2010). Glassman (2010) afirma que estas actividades deben llevarse a cabo en diferentes duraciones y niveles de intensidad (anaeróbicos y aeróbicos), aunque recomienda el predominio de actividades anaeróbicas. Por otro lado, la gimnasia incluye actividades que implican el control del cuerpo, como alpinismo, yoga, ejercicios de calistenia (pull-ups, flexiones,

dips , y trepa de cuerda), y la danza. Levantamiento de pesas o “Weightlifting” es la última categoría, y se refiere al deporte olímpico, que incluye dos movimientos, el “envión” y el “arranque” (Glassman, 2010), y estos levantamientos se basan en otros levantamientos: el peso muerto, la cargada, la sentadilla y el tirón. El levantamiento olímpico desarrolla la fuerza, la velocidad, la potencia y la flexibilidad, así como la coordinación, la agilidad, la precisión y el equilibrio. Aunque esta categoría es conocida como "pesas" también incorporan lanzamientos.

La estructura típica de una sesión de Crossfit está compuesta por un calentamiento, una primera parte donde se desarrolla algún tipo de habilidad gimnástica, trabajo de fuerza, o ambos, y a continuación se realiza el "Entrenamiento del día "o WOD. El diseño del WOD varía día a día, pero por lo general incluye varios ejercicios funcionales realizados a alta intensidad de entre 5 y 20 minutos. Algunos WODs marcan una tarea a realizar en el menor tiempo posible (EMOM) y otros marcan un tiempo determinado y deben realizarse tantas rondas como sea posible (AMRAP). Por ejemplo, un WOD popular llamado “FRAN” consta de 3 series de 21, 15 y 9 repeticiones de “thrusters” (sentadilla frontal+ press de hombro con barra), seguido inmediatamente por dominadas. Este WOD se realiza con el objetivo de completar los ejercicios lo más rápido posible.

- Perfil metabólico del Crossfit

CrossFit es un programa de entrenamiento que incorpora alta intensidad y movimientos funcionales constantemente variados utilizando los tres sistemas de energía (Glasman 2010).

Se considera que Crossfit se incluye dentro de la categoría HIPT, o entrenamiento de potencia a alta intensidad (Smith et al., 2013). Primeramente señalar que el HIIT, o entrenamiento de intervalos de alta intensidad, es un método de entrenamiento que se ha utilizado como una alternativa al entrenamiento de resistencia tradicional para la mejora de la capacidad aeróbica. HIIT es práctico debido al menor tiempo requerido si lo comparamos con el entrenamiento de resistencia continua tradicional. Por otro lado, HIPT, o entrenamamiento de la potencia a alta intensidad, es una relativamente nueva variación del HIIT. HIPT difiere de HIIT tradicional en que incluye la falta de un



período de descanso prescrito, se centra en la alta potencia sostenida y el uso de múltiples movimientos multiarticulares (Smith, et al., 2013).

Debido a la falta de estudios y a la variedad en los entrenamientos de Crossfit, se muestra complejo definir su perfil metabólico. Como se ha señalado anteriormente, el Crossfit busca la “no especialización”, el ser competente en todos los ámbitos de la actividad física. Los programas de Crossfit varían en cuanto a la duración y frecuencia de las sesiones, al número de tandas de repeticiones de cada ejercicio, y al número de repeticiones y cargas aplicadas. Con cada una de las técnicas de entrenamiento, los atletas pueden lograr diversas adaptaciones metabólicas y funcionales. El entrenamiento de fuerza se desarrolla para aumentar el tamaño y funcionalidad de la masa muscular (Burke, 2009). Los resultados que conducen a un aumento en el tamaño o la fuerza del músculo incluyen adaptaciones neurológicas, mejora del balance proteico neto y un perfil hormonal que favorece el anabolismo muscular. El entrenamiento de velocidad o a intervalos aumenta la capacidad de glucólisis anaerobia debido a diversas adaptaciones como el aumento en la proporción de fibras musculares de tipo IIa, incremento en la actividad de la enzima limitante PFK, una mayor salida de iones H<sup>+</sup> de la célula, y un aumento de la capacidad reguladora del pH del músculo (Nicholas, 2000).

Estudios realizados en programas de ejercicios similares, como el entrenamiento en circuito y el cross-training han mostrado beneficios en los tres sistemas de energía (Goins, 2014). Los estudios que se han realizado en el entrenamiento de CrossFit han indicado beneficios fisiológicos y de rendimiento similares (Goings, 2013; Jeffery, 2012; Paine, 2010; Smith et al, 2013). Estos incluyen mejoras en el rendimiento en las pruebas de evaluación física en los militares, la capacidad de trabajo, potencia, capacidad aeróbica, capacidad anaeróbica, resistencia muscular y composición corporal. Aunque la literatura ha mostrado mejoras debido a CrossFit, sigue siendo necesaria la investigación en este campo tan incipiente.

- Sistemas de Energía

CrossFit busca ejercicios que requieran la contribución de las tres vías de energía. Recordar que las tres los tres sistemas de energía no trabajan de forma independiente

sino que todos contribuyen a las necesidades totales de energía, a pesar de que uno de ellos será el predominante, dependiendo de la intensidad y duración de la actividad (McArdle, et al., 2010).

El sistema de fosfágenos es la principal fuente de ATP en ejercicios de gran intensidad, pero se activa al inicio de todo tipo de ejercicio con independencia de su intensidad. Este sistema de energía depende de las reacciones químicas del ATP y la fosfocreatina. Estas reacciones generan energía a un gran ritmo pero, como el ATP y la fosfocreatina se almacenan en el músculo en pequeñas cantidades, el sistema del fosfágeno no puede aportar suficiente energía en actividades ininterrumpidas de larga duración (Earle et al., 2008). Este sistema es el dominante en ejercicios intensos y de corta duración (0 a 30 segundos), como los levantamientos de halterofilia.

El sistema de ácido láctico, también conocido como el sistema glucolítico, proporciona energía anaeróbicamente a través de la glucólisis, es decir, de la descomposición de los hidratos de carbono, bien sea el glucógeno almacenado en los músculos, bien sea la glucosa en sangre, para producir ATP (Earle et al., 2008). Este sistema de energía predomina durante el ejercicio máximo que dura entre 60 y 180 segundos (McArdle, et al., 2010), por tanto, en WODs en los que el tiempo es reducido.

El sistema oxidativo es la fuente primaria de ATP en reposo y durante actividades aeróbicas, y emplea sobre todo hidratos de carbono y grasas como sustratos. (Earle et al., 2008). El entrenamiento de fuerza también conduce a un aumento en el uso de ácidos grasos como fuente de combustible durante los períodos de descanso o ejercicio submáximo a fin de preservar glucógeno almacenado. Este sistema es el predominante en ejercicios de más de 2 minutos de duración. Este ejercicio puede desarrollarse a través de programas de entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT), formación de circuitos y/o largos y continuos esfuerzos. Los diferentes programas pueden ser manipulados mediante el ajuste de la duración e intensidad del ejercicio con el fin de destacar este sistema de energía (Burke, 2009).

- Necesidades nutricionales

Según el libro “Nutrición en el deporte: Un enfoque práctico” (Burke, 2009), especialmente cuando señala los problemas de nutrición asociados a los deportes de velocidad y saltos, podemos considerar que las necesidades nutricionales de los practicantes de Crossfit son las siguientes:

1. Aumentar y mantener los niveles de masa magra ideales para la fuerza dentro de la masa corporal ideal.
2. Mantener en general un bajo nivel de grasa corporal para optimizar la relación entre fuerza y masa.
3. Altos requerimientos de energía y carbohidratos para compensar el entrenamiento pesado y la ganancia activa de masa muscular.
4. Ingesta adecuada de proteínas para cubrir el aumento de los requerimientos durante el entrenamiento pesado, y para promover la ganancia de masa muscular y de fuerza en respuesta al entrenamiento de fuerza.
5. Consumir cantidades adecuadas de carbohidratos para proveer energía para las sesiones de entrenamiento de fuerza y de alta potencia sostenida y para optimizar la síntesis proteica neta en respuesta al entrenamiento; consumir carbohidratos en momentos estratégicos para lograr estos objetivos.
6. Necesidad de una recuperación agresiva entre sesiones de entrenamiento (reposición de energía, rehidratación, reparación y adaptación).
7. Consideración de una carga de creatina para mejorar la respuesta al entrenamiento de fuerza y de intervalos.

## DIETA PALEOLÍTICA

- Definición

La dieta del Paleolítico también se conoce como la dieta cavernícola, la dieta de la Edad de Piedra, o la dieta de cazadores-recolectores. Esta dieta consiste en alimentos que se supone que han estado disponibles para los seres humanos antes del establecimiento de la agricultura. El período paleolítico empezó hace aproximadamente 2,5 millones de años, cuando los seres humanos comenzaron a utilizar herramientas de piedra y terminó con la aparición de la agricultura hace unos 10.000 años. Los componentes principales de esta dieta son de origen animal y de origen vegetal sin cultivar, como la carne magra, pescado, verduras, frutas, raíces, huevos y frutos secos. La dieta excluye alimentos como granos, legumbres, productos lácteos, sal, azúcar refinada y aceites procesados, los cuales no estaban disponibles antes de que los humanos comenzaran a cultivar plantas y domesticar animales. Esta dieta se describe como alta en proteínas, fibra, grasas saludables, potasio, vitaminas, minerales, fito-nutrientes y antioxidantes. El nutriente principal del que parece tener carencias la dieta Paleolítico es el calcio (Klonoff D. 2009).

Los defensores de esta dieta señalan que, desde la aparición de la agricultura y la domesticación de animales hace aproximadamente 10.000 años, ha habido poco tiempo para una evolución significativa del metabolismo y los procesos fisiológicos en respuesta a los grandes cambios introducidos en la dieta debidos a las nuevas prácticas de producción de alimentos. Consideran que la dieta moderna puede conducir a enfermedades crónicas como la diabetes tipo 2, la obesidad y las enfermedades cardiovasculares (McNight C. 2013).

Según Kuipers et al.(2010) y Milton (2003), Eaton y Konner sugieren que la dieta debería estar compuesta por un 35% de alimentos de origen animal y un 65% de alimentos de origen vegetal. Judio, y AbuM y Jones (2009) estiman que los porcentajes de distribución de energía en el hombre paleolítico eran de 37% las proteínas, 41% los hidratos de carbono y, 22% las grasas.

- Paleodieta para deportistas

La dieta recomendada en la web de CrossFit se asemeja mucho a la dieta Paleolítica. Dicha web afirma que "El modelo de hombre de las cavernas es perfectamente

consistente con la prescripción de CrossFit." Hay, sin embargo, modificaciones que pueden beneficiar a los atletas de CrossFit, así como a otros atletas. El libro "Paleodieta para deportistas" (Cordain et al., 2005), afirma que si bien es posible para los atletas recuperarse de los entrenamientos con una dieta Paleo estricta, puede ser más difícil recuperarse rápidamente. Por esta razón, antes, durante y después del entrenamiento, afirma que se pueden realizar modificaciones.

Al lo menos dos horas antes del ejercicio prolongado "Paleodieta para deportistas" recomienda consumir carbohidratos de índice glucémico moderado. Se recomiendan los carbohidratos de índice glucémico alto, como las bebidas deportivas, durante los entrenamientos que duran más de una hora. Inmediatamente después de los entrenamientos se recomienda una bebida que contenga carbohidratos y proteína, en una proporción de 4-5: 1. En las horas siguientes al entrenamiento, ofrece la posibilidad de consumir alimentos que normalmente no están permitidos tales como pan, pastas y arroz para ayudar a la recuperación. Los alimentos recomendados, según el citado libro, incluirían la patata, la batata, las pasas y el ñame.

Por otro lado, según Konner e Eaton (2010), sugieren que una dieta rica en frutas y verduras, y por tanto, en potasio, causaría un pH de la sangre más alcalino, mientras que el consumo de granos y azúcares, como parte de una dieta occidental, causaría un pH más ácido. El tener un pH menos ácido o incluso un pH alcalino sería ventajoso debido a una disminución en la pérdida del calcio esquelético y al hecho de facilitar la carga de los riñones.

#### IV. REVISIÓN DE ESTUDIOS

##### Evidencia clínica sobre la Paleodieta

El cuerpo de ensayos clínicos y estudios revisados en relación a la Paleodieta es escaso, siendo mínimo en el caso de estudios con sujetos sanos y/o deportistas y algo mayor en el caso de sujetos con enfermedad, como la diabetes por ejemplo.

Österdahl et al. (2008) llevaron a cabo un estudio de tres semanas con voluntarios sanos en el que los participantes siguieron la dieta Paleolítica con una lista de alimentos permitidos, alimentos restringidos y alimentos excluidos y registraron su ingesta diaria. Los resultados mostraron una disminución significativa de la energía total, grasas saturadas, hidratos de carbono e ingesta de sodio mientras que la ingesta

de vitaminas B6, C, E y potasio aumentó significativamente. El peso, el índice de masa corporal, la circunferencia de cintura, la presión arterial sistólica y el inhibidor del activador del plasminógeno-1 o PAI-1 disminuyeron. La dieta incluía mayor cantidad de antioxidantes y una proporción de sodio/potasio más favorable. Aunque los resultados son favorables, el estudio debe ser considerado críticamente debido a la falta de grupo control y al pequeño tamaño de la muestra.

Frassetto et al. (2009) analizaron los efectos del cambio a la dieta paleolítica tras un período siguiendo una dieta occidental normal en sujetos sedentarios con sobrepeso moderado. El control de la pérdida de peso se hizo mediante el ajuste de la ingesta de calorías, según fuera necesario. El estudio encontró una reducción significativa en la presión arterial, la excreción de sodio en orina tras 24 horas de ayuno, la concentración de insulina en plasma, el área bajo la curva de insulina en un test de tolerancia a la glucosa, el colesterol total, las lipoproteínas de baja densidad y los triglicéridos. Los autores concluyeron que un seguimiento a corto plazo de la dieta paleolítica mejora la presión sanguínea y la tolerancia a la glucosa, disminuye la secreción de insulina, incrementa la sensibilidad a la insulina y mejora el perfil lipídico en humanos sedentarios sanos. Este estudio incluyó también un pequeño número de sujetos, por tanto también debe ser considerado de forma crítica, pero mostró de forma casi unánime resultados positivos.

Jonhson et al. (2006) realizaron un estudio en cerdos, en los que un grupo seguía una dieta Paleolítica y otro una basada en cereales, idénticas a las que los humanos seguirían, durante 15 meses. En el grupo de dieta Paleolítica disminuyó el peso, los depósitos subcutáneos de grasa, los niveles de proteína C-reactiva, la presión sanguínea y se incrementó la sensibilidad a la insulina. En el grupo que siguió la dieta basada en cereales se encontró mayor cantidad de leucocitos en el páncreas indicando inflamación. No hubo diferencias significativas en cuanto a los niveles de glucosa en ayunas.

Jonhson et al. (2009) realizaron un estudio en pacientes diabéticos en los que un grupo siguió una dieta Paleolítica y otro grupo una dieta recomendada para diabéticos. En el primero de ellos se encontró menor ingesta de energía total, densidad energética, hemoglobina A1c, triglicéridos, presión sanguínea, glucosa en ayunas, peso y circunferencia de la cintura. La dieta para diabéticos incluía granos enteros, cereales y

lácteos, mientras que la dieta Paleolítica no. Ambas incluían frutas, vegetales y carne. Los autores concluyeron que la dieta Paleolítica es más saciante, puesto que se ingirió menos energía total, a pesar de que no había restricción. La muestra fue pequeña y el tiempo relativamente corto, por lo que serían necesarios estudios más largos y con muestras mayores para confirmar los resultados.

En un estudio realizado en sujetos con enfermedad isquémica (Jönsson et al, 2010), aquellos que siguieron una dieta Paleolítica mostraron una mejora en la tolerancia a la glucosa y mayor saciedad por caloría en comparación a aquellos que siguieron una dieta mediterránea. Un análisis más detallado, sin embargo, no pudo encontrar ninguna base estadística para el mecanismo de mayor saciedad de la dieta paleolítica. No hubo correlaciones significativas para la fibra, densidad de energía, consumo de agua o ingesta de proteínas, entre otros. Algunas tendencias, aunque no significativas, sugirieron que el pan y los productos lácteos reducen la saciedad porque son particularmente apetecibles, y por lo tanto, más difíciles de resistir a comer en exceso. También se encontró correlación entre el consumo de cereales y los niveles de leptina. La hipótesis es que, mientras que los niveles de leptina en ambos grupos cayeron durante el estudio, la ingesta de hidratos de carbono, específicamente los cereales, podría haber causado que el nivel de leptina cayera menos en la dieta mediterránea. Un estudio similar de Jönsson et al. (2013) midió la saciedad de la dieta paleolítica en comparación con la dieta de la diabetes en pacientes con diabetes tipo 2. Se encontró que era significativamente más saciante por caloría, a pesar de que los dos grupos declararon saciarse.

Los estudios anteriores han mostrado en general efectos positivos en el seguimiento de una dieta Paleolítica en comparación con otras como la mediterránea o la recomendada para diabéticos. Se ha encontrado disminución del peso corporal, del índice de masa corporal, del riesgo cardiovascular, de los niveles de triglicéridos y de la lipoproteína de baja densidad entre otros, y aumento de la sensibilidad a la insulina, ingesta de hierro, fibra, vitaminas y minerales, así como mejora de la relación omega 6-omega 3 y de la relación sodio-potasio en comparación con otras. La dieta del Paleolítico también ha demostrado ser más saciante por caloría. No obstante sería

necesario realizar estudios de mayor duración y con mayores muestras, así como realizar estudios en población sana y deportistas.

#### Alimentos no presentes en la dieta Paleolítica

- Cereales

Mientras que en la dieta paleolítica no están incluidos los cereales, en la dieta occidental juegan un papel fundamental. De hecho, se encuentran en la base de la pirámide nutricional. Por ello, sería interesante examinar si la inclusión o no inclusión de cereales en la dieta tiene efectos beneficiosos. Sin embargo, el cuerpo de estudios que compara el consumo o no de cereales es escaso.

En la revisión de Punder et al. (2013), se describe cómo el consumo diario de productos de trigo y otros cereales podría contribuir a la manifestación de inflamación crónica y enfermedades autoinmunes. Tanto en estudios in vitro como in vivo demuestran que la gliadina y la Aglutinina de Germen de Trigo (WGA) puede tanto aumentar la permeabilidad intestinal como activar el sistema inmune. Los efectos de la gliadina en la permeabilidad intestinal y el sistema inmune también se han confirmado en seres humanos. Otros granos de cereales que contienen prolaminas y lectinas no se han estudiado tan extensivamente y, por lo tanto, se requiere más investigación.

En personas celíacas o sensibles al gluten, las reacciones adversas a la ingesta de trigo, el centeno y la cebada son clínicamente evidentes. Sin embargo, sería importante estudiar los efectos del consumo de estos cereales en individuos sanos. Sería de gran interés investigar los efectos de la retirada de los cereales de la dieta sobre los marcadores inflamatorios y la permeabilidad intestinal en sujetos sanos.

Por otro lado, existen una gran cantidad de estudios que comparan el consumo de cereales enteros frente a refinados. Gregoire (2012) señala que dichos estudios sugieren que el cambio de granos refinados por granos enteros puede conllevar beneficios para la salud. A pesar de que los datos muestran que los granos enteros son más sanos que los refinados, faltaría una tercera condición a comparar; la ausencia completa de granos en la dieta. Si bien parece que los cereales enteros serían más recomendables que los refinados, los efectos sobre la salud de la ingesta de granos enteros podrían haber sido confundidos por otros factores dietéticos y de estilo de vida (Punder et al., 2013).



- Lácteos

Los lácteos son una fuente de vitaminas y minerales como la vitamina A, vitamina D, vitamina B12, riboflavina, calcio, potasio, fósforo, magnesio y zinc (Fulgoni III et al. 2011). Según Gregorie (2012), Fulgoni III et al. concluyen que a pesar de que existen otras fuentes de calcio como las verduras de hoja verde, el zumo de naranja y las espinas de pescado, éstas no son nutricionalmente equivalentes a la leche puesto que no proveen la misma cantidad de vitaminas y minerales.

Sin embargo, Lindeberg (2012) señala que estudios recientes están mostrando relación entre el consumo de lácteos con cuadros de aterosclerosis, infarto de miocardio, enfermedad cardiovascular, diabetes tipo 2 y cáncer de pecho y próstata. El autor indica que la caseína y probablemente la lactosa, son las responsables de la relación entre el consumo de leche y el aumento de la mortalidad. Por otro lado, señala que los estudios sobre sociedades modernas de cazadores, que no consumen lácteos, no muestran incidencia de osteoporosis.

Hay cierta evidencia de que una dieta libre de lácteos podría ser beneficiosa para la pérdida de peso, la reducción de riesgo cardiovascular y de osteoporosis. No obstante, sería necesaria más investigación, en especial estudios de dietas libres en lácteos para deportistas y estudios que comparen dietas que incluyan lácteos con otras que incluyan vegetales que proporcionen similar cantidad de calcio y nutrientes.

#### Dietas bajas en hidratos de carbono y rendimiento

Según Burke (2009), las pautas oficiales para deportistas recomiendan de forma unánime ingestas altas en hidratos de carbono en la dieta cotidiana o de entrenamiento, basadas en los beneficios observados de promoción de una recuperación óptima de los depósitos musculares de glucógeno entre sesiones de entrenamiento.

En el caso del entrenamiento en intervalos, éste puede afectar las reservas de glucógeno del músculo. Los sprints intensos, por ejemplo, involucran tasas altas de utilización del glucógeno muscular para la glucólisis anaerobia. Las investigaciones sobre el perfil metabólico de carreras repetidas muestran que el contenido de glucógeno del músculo puede disminuir de manera importante por este esfuerzo,

aunque hay una reducción en la glucólisis anaerobia y una mayor dependencia del metabolismo aeróbico a medida que progresan las carreras.

Existe un amplio cuerpo de estudios que comparan los efectos de dietas altas, moderadas y/o bajas en hidratos de carbono en grupos de deportistas principalmente en ejercicio de resistencia de larga duración, pero también en esprints únicos y en esprints repetidos.

- Efecto en el rendimiento en ejercicio de resistencia de larga duración.

Simoney et al. (1991) encontraron que una mayor ingesta de carbohidratos produce una mejor adaptación al entrenamiento y un mayor rendimiento en deportistas ya entrenados que se someten a un programa de gran esfuerzo. Sin embargo, dietas ricas en grasas no brindaron beneficios en el entrenamiento o el desempeño. De hecho, se asociaron con una falta en la capacidad de utilizar los carbohidratos y desempeñar el trabajo de gran intensidad. Lima-Silva et al. (2009, 2011) encontraron que dietas bajas en carbohidratos (10% de la energía) afectan al VO<sub>2</sub>, al RPE y al rendimiento en ejercicio de alta intensidad. Costill et al. (1971) realizaron un estudio en el que midieron los niveles de glucógeno muscular en corredores durante 3 días sucesivos. La depleción de glucógeno fue siendo mayor, siguiendo una dieta mixta de 40 a 50% de carbohidratos (250 a 350 g/día). Después de 5 días de descanso con la misma dieta, 3 de 5 corredores aún no habían reemplazado el glucógeno muscular. Cook et al. (2007) por otro lado, señalan que a pesar de que siguiendo dietas bajas en carbohidratos aumenta la oxidación de las grasas, se ve comprometida la habilidad para mantener el ejercicio a alta intensidad. Pueden verse con más detalle los resultados en la *tabla 1*.

Hay algunos estudios que aparentemente contradicen los anteriores resultados y por tanto son utilizados para la defensa de dietas pobres en hidratos de carbono como la dieta de la zona. En un estudio con remeros que entrenaban dos veces diarias (Simonsen, 1991) se mostró que una dieta moderada (5 g/kg/día) en hidratos de carbono mantenía los niveles de glucógeno muscular. No obstante, debemos considerar que el promedio era casi de 400 g de carbohidratos por día. Otro estudio con nadadores (Costill, 1988) estudió las diferencias de rendimiento siguiendo durante 9 días una dieta que comprendía un 43% u 80% de hidratos de carbono. Los resultados señalaron que no hubo diferencias significativas entre las actuaciones de los atletas en

cualquiera de los 2 protocolos dietéticos. Sin embargo, debido a la cantidad de calorías consumida, incluso el grupo del 43% consumió una media de 502 g/día de hidratos de carbono frente a 935 g/día en el grupo de los 80%. Muoio et al. (1994) demostraron mayores mejoras en el tiempo de ejecución hasta el agotamiento con una dieta alta en grasas frente a una dieta alta en carbohidratos. Hay cierta evidencia que sugiere que la adaptación habitual a una dieta alta en grasa puede mejorar la resistencia, pero sólo a intensidades de ejercicio submáximo (por debajo de 70% VO<sub>2</sub> max) (Cheuvront, 1999). No obstante, los atletas de élite con frecuencia entrenan y compiten a intensidades de ejercicio por encima del 70% del VO<sub>2</sub>máx.

- Efecto sobre el rendimiento en un solo esprín.

Estudios sobre el efecto de la dieta en un sólo esprín (Maughan et al., 1997 y Langhfort et al., 1997) muestran como altas o moderadas en carbohidratos mejoran el desempeño en el ejercicio máximo (*tabla 2*). Sin embargo, otros estudios (Hargreaves et al., 1998 y Wooten et al., 1984) no pudieron mostrar diferencias en el rendimiento. Maughan et al. (1997) señalan que es posible que los beneficios observados podrían relacionarse más con los cambios en el equilibrio ácido-base de la sangre que con la disponibilidad de glucógeno muscular, principalmente en protocolos de ejercicio intenso de 1 a 6 minutos de duración.

- Efecto sobre el rendimiento en esprines repetidos.

En los estudios sobre esprines repetidos hay una mayor unanimidad acerca de las mejoras conseguidas mediante dietas altas en hidratos de carbono (*tabla 2*). Balsom et al. (1999) mostraron cómo una dieta pobre en carbohidratos redujo las concentraciones de glucógeno y el rendimiento tras un protocolo intermitente en bicicleta de 6 segundos con intervalos de 30 segundos. Rockwell et al. (2003) obtuvieron un rendimiento superior con una dieta rica (80-85%) frente a pobre (5-10%) en carbohidratos. Otros estudios (Balsom et al., 1999; Bangsbo et al, 1992) revelan resultados similares. Asimismo, estudios con protocolos de esprines intermitentes en deportes de equipo también mostraron beneficios en la capacidad de ejercicio o en el rendimiento con estrategias para mejorar la disponibilidad de carbohidratos, aun cuando se las comparó con una ingesta moderada en estos

nutrientes (Akermark et al. 1996). El trabajo de Souglis et al. (2013) muestra como una dieta 3 o 4 días antes del partido de 8g/kg/día frente a una de 3g/kg/día ayudó a los jugadores de fútbol a cubrir mayor distancia. Otros estudios (Fulcher et al, 1992; Jenkins et al., 1993; Nevill, 1993) muestran evidencias sobre las diferencias en la recuperación siguiendo dietas altas vs. Moderadas y bajas y moderadas vs. Bajas en hidratos de carbono.

Si bien hay evidencia suficiente de una mejor recuperación muscular con una ingesta alta de hidratos de carbono, sólo dos de los estudios disponibles muestran una clara mejoría en los resultados del entrenamiento (Burke, 2007). Una posible conclusión es que los atletas pueden adaptarse a los bajos depósitos musculares de glucógeno resultantes de la ingesta moderada de hidratos de carbono que no afectan a los resultados del entrenamiento y competición. En relación a estos estudios debemos plantearnos en primer lugar qué se considera una ingesta alta o moderada y cuánto tiempo es necesario para que puedan observarse los efectos reales.

Por otro lado, debemos señalar que ningún estudio ha demostrado que una ingesta moderada en hidratos de carbono promueva una mejor adaptación al entrenamiento y el rendimiento que una ingesta alta en hidratos de carbono.

Las investigaciones recientes que comparan regímenes de carga de glucógeno en los hombres y las mujeres han revelado hallazgos consistentes con la opinión de que la cantidad absoluta de hidratos de carbono es importante para el rendimiento. La afirmación de que los atletas de resistencia competitivos y de élite pueden mejorar el rendimiento mediante el consumo de una dieta de 40% de carbohidratos dentro de los confines de menos de 2.000 calorías diarias no se fundamenta en pruebas científicas fiables (Cheuvront , 1999).

- Efecto sobre el entrenamiento de fuerza

Por otro lado, debemos considerar que el entrenamiento de fuerza es una parte fundamental en los programas de entrenamiento de Crossfit. La ingesta de carbohidratos podría tener un papel en la optimización de las ganancias logradas con el programa de fuerza de dos formas diferentes: como combustible para el ejercicio o

como promotor del entorno hormonal anabólico necesario para la síntesis proteica posterior (Burke, 2007).

Según Burke, varios estudios muestran que las estrategias que mejoran la disponibilidad de carbohidratos durante el ejercicio de fuerza, pueden permitir al atleta entrenar más intensamente (Haff et al, 1999; Lambert et al, 1991). Asimismo, los carbohidratos consumidos con las proteínas, pueden mejorar el balance proteico neto en respuesta a la sesión (Borsheim et al., 2004; Tipton et al., 2001). Otros estudios (Reobergs et al., 1991; Tesch et al., 1998) con tandas repetidas de ejercicio, señalan que el glucógeno sería una fuente importante de energía en sesiones de entrenamiento prolongadas, permitiendo a los deportistas de fuerza entrenar más intensamente o mantener una mejor técnica y mejorar el entorno celular y hormonal. Son necesarios más estudios para poder ofrecer recomendaciones sobre la ingesta de carbohidratos en los deportes de fuerza y potencia (Burke, 2007). Sin embargo, también existen estudios en los que no se observa una diferencia en el rendimiento cuando se manipula la ingesta de carbohidratos (*ver tabla 3*). No obstante, es razonable aconsejar la ingesta de carbohidratos en momentos estratégicos para mantener su disponibilidad, recuperar los depósitos de glucógeno y crear un entorno adecuado para la síntesis proteica.

- Dietas cetogénicas y rendimiento

Las dietas cetogénicas con muy baja cantidad de carbohidrato se han mostrado eficaces para la pérdida de peso y el tratamiento de diversas enfermedades metabólicas. Sin embargo, apenas hay estudios en personas sanas y menos aún en deportistas. Existen algunos estudios, principalmente en deportes en los que existe categoría de peso o en los que se precisa de un peso bajo (*veáse tabla 3*). Paoli et al (2012) mostraron cómo una dieta cetogénica seguida durante 30 días disminuyó el peso y la masa grasa en gimnastas de élite sin que disminuyera su rendimiento en fuerza. Por otro lado, Rhyou et al. (2014) realizaron un estudio en el que deportistas de Taekwondo siguieron una dieta cetogénica durante 3 semanas. Estos mostraron la misma reducción de peso, masa grasa y BMI que aquellos que siguieron una dieta normal. También se redujo la masa magra. En este grupo aumentaron los niveles de

HDL-colesterol y en el grupo que siguió una dieta normal, aumentaron los niveles de LDL-colesterol y malondialdehído (MDA).

Debemos tener en cuenta, de que a pesar de que encontramos resultados positivos en ciertas variables siguiendo dietas bajas en hidratos de carbono como la dieta cetogénica, no se observan mejoras en el rendimiento.

## DISCUSIÓN

Hemos comprobado como la literatura referente al Crossfit y de forma específica a la nutrición en el Crossfit es todavía escasa. La revisión de la literatura muestra el Crossfit como un ejercicio de potencia realizado a alta intensidad. Las pruebas o entrenamientos consisten en series de fuerza y potencia y combinaciones de ejercicios anaeróbicos principalmente, bien utilizando cargas o bien trasladando su cuerpo, con duración de entre 2 y 20 minutos en su mayoría. En la tesis de Brisebois (2014) se señala que el gasto de energía de 30 sujetos físicamente activos durante una sesión de Crossfit fue de 468 +/- 116 kcal. Las necesidades nutricionales vendrán por un lado determinadas por la necesidad de aumentar y mantener los niveles de masa magra ideales para la fuerza dentro de la masa corporal ideal y mantener en general un bajo nivel de grasa corporal para optimizar la relación entre fuerza y masa. Por otro lado, se debe cubrir las necesidades de carbohidratos para mantener altos los depósitos de glucógeno, favorecer la recuperación y la síntesis proteica. Asimismo se buscará una ingesta adecuada de proteínas para cubrir el aumento de los requerimientos durante el entrenamiento de fuerza y promover la ganancia de masa muscular.

Hay evidencia de que la dieta Paleolítica puede ser beneficiosa para la pérdida de peso, la saciedad y la mejora en el tratamiento de diversas patologías como obesidad, diabetes, enfermedad coronaria, etc (Österdahl et al. 2008; Frassetto et al. 2009; Jonhson et al. 2006, 2009, 2010, 2013). Incluso podría haber relación entre la dieta moderna y la prevalencia de ciertas enfermedades (McNight 2013). Sin embargo, apenas existe investigación sobre la dieta Paleolítica en población sana y/o deportistas y menos aún en su efecto sobre el rendimiento. Por tanto, sería interesante que se realizaran estudios en esta línea.

La dieta Paleolítica promueve evitar cierto tipo de alimentos por diferentes razones. A propósito de ello se han revisado algunos estudios para valorar la validez de estos postulados. Los grupos de alimentos a evitar que, por el contrario, están en la base de otras dietas, como la mediterránea, son los cereales y los lácteos.

En cuanto al consumo de cereales, en personas celíacas y sensibles al gluten, las reacciones adversas a la ingesta de trigo, el centeno y la cebada son clínicamente evidentes. Sin embargo, sería importante para tener un mejor conocimiento sobre los efectos de su consumo realizar estudios en individuos sanos. Sería de gran interés investigar los efectos de la retirada de los cereales de la dieta sobre los marcadores inflamatorios y la permeabilidad intestinal en sujetos sanos frente a una dieta con cereales (Punder et al., 2013). Por otro lado, gran cantidad de estudios sugieren que dentro de las dietas que incluyen cereales, el cambio de granos refinados por granos enteros puede conllevar beneficios para la salud (Gregoire, 2012). No obstante, los efectos sobre la salud de la ingesta de granos enteros podrían haber sido confundidos por otros factores dietéticos y de estilo de vida (Punder et al, 2013). Por tanto, los datos no parecen ser concluyentes.

En cuanto a los lácteos, hay cierta evidencia de que una dieta libre de lácteos podría ser beneficiosa para la pérdida de peso, la reducción de riesgo cardiovascular y de osteoporosis, pero los datos no son concluyentes (Gregoire, 2012). Por ello, sería necesaria más investigación, en especial estudios de dietas libres en lácteos para deportistas y estudios que comparen dietas que incluyan lácteos con otras que incluyan vegetales que proporcionen similar cantidad de calcio y otros nutrientes. Por otro lado, debemos tener en cuenta que eliminando este grupo de alimentos será difícil obtener suficiente calcio. Muchos alimentos no lácteos contienen calcio, pero al eliminar este grupo tan amplio de alimentos sería necesario controlar mucho la ingesta del mismo.

Otro rasgo llamativo de la Paleodieta es la diferente distribución de los nutrientes en comparación con las recomendaciones habituales, siendo sustancialmente menor el porcentaje de hidratos de carbono y mayor el de grasas, principalmente. Por ello, se han revisado estudios que comparan el rendimiento en deportistas que siguen dietas con diferente carga de hidratos de carbono.

Varios estudios muestran que una mayor ingesta en hidratos de carbono conlleva una

mejor adaptación al entrenamiento y un mayor rendimiento en deportistas en deportes de larga duración (Simoney et al., 1991; Lima-Silva et al., 2009 y 2011; Costill et al., 1971; Cook et al., 2007). Algunos estudios (Simonsen, 1991; Costill, 1988; Muoio et al., 1994) contradicen aparentemente estos resultados. No obstante, debemos tener en cuenta que por ejemplo en dos de ellos, a pesar de que la contribución de hidratos de carbono respecto al total de calorías consumidas podía considerarse como bajo, la cantidad real de hidratos de carbono era alta. Por tanto, debemos prestar atención, no sólo a la distribución de nutrientes, sino también a las calorías netas. Es decir, debemos tener en cuenta que los porcentajes de distribución de macronutrientes pueden variar en función de la cantidad de energía total ingerida. Por ejemplo, en una dieta de 4.000-5.000 kcal/día, si se consume el 50% de esas kcal a partir de carbohidratos, será equivalente a 500-600 g de hidratos de carbono, lo que supondría 7-8 g por kg de peso corporal para un atleta de 75 kg. Esto supondría una cantidad suficiente para mantener las reservas de glucógeno muscular, por lo que no sería necesario llegar hasta el 60%. Sin embargo, en una dieta de 2000 Kcal/día, una dieta que proporciona el 60% de la energía a partir de hidratos de carbono puede no ser suficiente para mantener las reservas de hidratos de carbono óptimas, puesto que equivaldría a 4-5 g por kg de peso y día en un atleta de 60 kg.

Los estudios referentes al rendimiento en un solo esprín no son concluyentes, sin embargo, aquellos que investigan el efecto de la dieta en el rendimiento en esprines repetidos son más unánimes, a favor de las dietas altas o moderadas en hidratos de carbono.

En relación a los efectos de la carga de hidratos en el rendimiento en deportes de fuerza los datos son escasos. A pesar de que sí se observan diferencias en otros parámetros, en la mayoría de los estudios no se observa una mejora del rendimiento con mayores ingestas en hidratos de carbono (Hatfield, 2006; Batty, 2007; Kulik et al., 2008; Mitchell et al., 1997). No obstante, los protocolos son de corta duración, por tanto, sería interesante realizar estudios en los que las dietas se mantuviesen durante períodos más prolongados. Podría suceder que a pesar de que el rendimiento en un entrenamiento no fuese superior siguiendo una dieta alta en hidratos de carbono, la recuperación fuese mayor, con lo que, a la larga, el rendimiento y resultados del deportista se verían beneficiados. Ya se ha mencionado además que la ingesta de



hidratos de carbono parece favorecer la síntesis de proteína muscular. Sería interesante realizar más estudios en esta línea, para establecer la cantidad y tipo de hidratos de carbono más adecuado para los deportistas de fuerza.

Por último, señalar que a pesar de que haya estudios que no muestren diferencias en el rendimiento siguiendo dietas altas frente a moderadas o bajas en hidratos, tampoco existen apenas estudios que muestren beneficios ligados a estas últimas.

Por tanto, en vista de los resultados, sería aconsejable que la ingesta de carbohidratos en estos deportistas fuera al menos, suficiente para cubrir con las demandas del Crossfit, para garantizar la reposición de glucógeno muscular y la síntesis de proteínas. Debido a que hablar de proporciones de nutrientes conlleva el tener en cuenta la energía total ingerida y ésta depende de las características del deportista, así como de las características de la actividad física realizada (intensidad, duración) parece ser más recomendable hablar de kg/día. Las recomendaciones para un deportista aeróbico de fondo son de 8 a 10 g por kg de peso corporal. Para el entrenamiento de la fuerza, esprints y ejercicios de destreza parece no ser necesaria una ingesta tan alta, siendo razonable una ingesta de 5 a 6 gramos al día por kilogramo de peso corporal (Earle et al., 2008). Debido a la alta exigencia del Crossfit y a su perfil metabólico, podría ser conveniente aumentar los márgenes a 5-8 g/kg. Esto podría suponer aproximadamente un 50-65% de la energía total consumida, superior al 41% de la Paleodieta. El libro "Paleodieta para deportistas" parece querer cubrir esta carencia incluyendo colaciones de carbohidratos en entorno al entrenamiento. No obstante las recomendaciones son muy generales, sin especificar cantidades. Aunque existen estudios relativos al momento de ingesta y el tipo de hidratos de carbono, sería necesaria más investigación para llegar a resultados más concluyentes, especialmente relativos a los deportes de fuerza.

A pesar de que no se ha tratado con detalle en el presente trabajo, a continuación se presentan recomendaciones de la distribución de proteínas y grasas. La cantidad diaria recomendada (RDA) de proteínas es de 0.8 g por kg de peso corporal y el área de distribución de macronutrientes aceptable (AMDR) para la ingesta de proteína en adultos es del 10%-35% de las calorías totales. Una recomendación general para deportistas que entrenan la fuerza son 1,5 a 2 gramos de proteína por kilogramo de peso corporal (Earle et al., 2008). Esto podría significar alrededor de un 15% de la

ingesta total, dato bastante alejado de 37% de la Paleodieta. A pesar de que en la mayoría de los casos, la preocupación sobre los posibles efectos adversos de ingestas elevadas de proteínas es infundada (Earle et al., 2008), es razonable calificar de excesiva la contribución de las proteínas en la Paleodieta.

En cuanto a las grasas, el rango aceptable de distribución de macronutrientes (AMDR) para la grasa es de 20% -35% de la ingesta energética, aunque en la mayoría de la bibliografía el margen se cierra al 30% – 35%. La distribución de las grasas en la Paleodieta es inferior, en torno al 22%.

## CONCLUSIÓN

A pesar de que la dieta Paleolítica podría tener beneficios e incluso estar recomendada en personas sedentarias y/o con ciertas enfermedades, parece no estar justificada para deportistas, en este caso para practicantes de Crossfit. La Paleodieta marca algunas pautas como el favorecer al máximo el consumo de alimentos frescos no procesados, limitación del azúcar refinado, consumo de grasas saludables, etc., todas ellas muy recomendables. Sin embargo, la prohibición de ciertos grupos de alimentos, como los cereales y lácteos, podría significar un déficit de algunos micronutrientes, vitaminas, minerales, ácidos grasos esenciales, antioxidantes, etc. Debido a la falta de estudios, al menos hasta la fecha, que justifiquen la no presencia de estos grupos de alimentos, deberían incluirse para favorecer una dieta variada y equilibrada. Del mismo modo, la distribución de los macronutrientes parece no ser la más adecuada para deportistas, principalmente por la contribución tan baja de los carbohidratos. Esto supondría un déficit de hidratos de carbono que impediría una reposición óptima del glucógeno muscular y hepático, no disponer de suficiente energía para las sesiones de entrenamiento y no optimizar la síntesis proteica neta en respuesta al entrenamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

Akermark C. Diet and muscle glycogen concentration in relation to physical performance in Swedish elite ice hockey players. *Int J Sport Nutr.* 1996;6(3):272-84.

Ali a. y Williams C. Carbohydrate ingestion and soccer skill performance during prolonged intermittent exercise. *Journal of Sports Sciences.* 2009; 27(14): 1499–1508

Andersson et al. Whole grain Foods Do Not Affect Insulin Sensitivity or Markers of Lipid Peroxidation and Inflammation in Healthy, Moderately Overweight Subjects. *The Journal of Nutrition.* 2007; 137, no.6; 1401–1407.

Balsom P. High-intensity exercise and muscle glycogen availability in humans. *Acta Physiol Scand.* 1999;165(4):337-45.

Bangsbo J. et al. The effect of carbohydrate diet on intermittent exercise performance. *Int J Sports Med.* 1992;13(2):152-7.

Baty JJ. The effect of a carbohydrate and protein supplement on resistance exercise performance, hormonal response, and muscle damage. *J Strength Cond.* 2007; 21(2):321-9.

Belobrajdic, Damien P y Anthony R Bird. The Potential Role of Phytochemicals in Wholegrain Cereals for the Prevention of Type 2 Diabetes. *Nutrition Journal* 12. 2013

Borsheim. Effect of carbohydrate intake on net muscle protein synthesis during recovery from resistance exercise. *J Appl Physiol.* 1985;96(2):674-8. Epub 2003 Oct 31

Miller B, McMillan J., Steinbeck K, y Caterson I..Carbohydrates the Good, the Bad and the Whole Grain. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition.* 2008;17 Suppl 1:16–19.

Briseboy M. Caloric expenditure during one exercise session following acsm and crossfit guidelines. Thesis Texas; 2014.

Burke L. *Nutrición en el deporte: Un enfoque práctico.* Ed. Panamericana; 2009.

Cordain, L, Eaton S., Miller J., Mann, N y Hill K. The Paradoxical Nature of Hunter gatherer Diets: Meat based, yet Non atherogenic. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2002; 56 Suppl 1

Cheuvront, S. The Zone Diet and Athletic Performance. *Sports Med*. 1999; 27 (4): 213-228

Cook C., y Haub M. Low Carbohydrate Diets and performance. *Current Sports Medicine Reports*. 2007, 6:225-229

De Punder, K., y Pruimboom L. The Dietary Intake of Wheat and Other Cereal Grains and Their Role in Inflammation. *Nutrients*. 2013; 5, no.3

Eaton, S., Melvin J. , Y Loren C. Diet dependent Acid Load, Paleolithic [corrected] Nutrition, and Evolutionary Health Promotion. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2010 91, no.2:295–297

Eaton S. Y Eaton S. Paleolithic vs. modern diets – selected pathophysiological implications. *Eur J Nutr*. 2000; 39 : 67–70.

Frassetto, L. et. al. .Metabolic and Physiologic Improvements from Consuming a Paleolithic, Hunter gatherer Type Diet. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2009; 63, no.8:947–955.

Glassman, G. [www.crossfit.com](http://www.crossfit.com). *CrossFit J*. 2005; 40, 1-5.

Glassman, G., et al. *CrossFit training guide*. *CrossFit J*. 2010; 1-115.

Goins J. *Physiological and performance effects of crossfit*. A Dissertation. Alabama 2014.

Gregoire J. *Validity of the Paleolithic Diet and its efectiveness for overall nutrition*. Thesis Boston College. 2012.

Haff G.et al. The Effect of Carbohydrate Supplementation on Multiple Sessions and Bouts of Resistance Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 1999; 13(2), 111–117

Haff GG et al. Carbohydrate supplementation and resistance training. *J Strength Cond Res.* 2003;17(1):187-96.

Hargreaves M. Pre-exercise carbohydrate and fat ingestion: effects on metabolism and performance. *Journal of Sports Sciences.* 2004; 22, 31–38

Hatfield DL. The effects of carbohydrate loading on repetitive jump squat power performance. *J Strength Cond Res.* 2006; 20(1):167-71

Hu, F. Are refined carbohydrates worse than saturated fat? *The American Journal of Clinical Nutrition.*

Jeffery, C. CrossFit effectiveness on fitness levels and demonstration of successful program objectives (Doctoral dissertation, Arkansas State University). 2012

Jeukendrup. A Step Towards Personalized Sports Nutrition: Carbohydrate Intake During Exercise. *Sports Med.* 2014; 44 (Suppl 1):S25–S33

Jönsson, T. et al. A Paleolithic Diet Confers Higher Insulin Sensitivity, Lower C reactive Protein and Lower Blood Pressure Than a Cereal based Diet in Domestic Pigs. *Nutrition and Metabolism.* 2006; 3

Jönsson T., Granfeldt Y, Lindeberg S, y Hallberg A. Subjective Satiety and Other Experiences of a Paleolithic Diet Compared to a Diabetes Diet in Patients with Type 2 Diabetes. *Nutrition Journal.* 2013; 12:105.

Karelis A., Smith E., Pässe D. y Peronnet F. Carbohydrate Administration and Exercise Performance  
747-763.

What Are the P

Klonoff D. The Beneficial Effects of a Paleolithic Diet on Type 2 Diabetes and Other Risk Factors for Cardiovascular Disease. *Journal of Diabetes Science and Technology.* 2009; 3, no.6: 1229–1232.

Konner M, e Eaton S. Paleolithic Nutrition: Twenty five Years Later. *Nutrition in Clinical*

Practice: Official Publication of the American Society for Parenteral and Enteral Nutrition. 2010; 25, no.6: 594–602.

Kulik JR. Supplemental carbohydrate ingestion does not improve performance of high-intensity resistance exercise. *J Strength Cond Res*; 22(4):1101-7.

Lambert E. et al. Enhanced endurance in trained cyclists during moderate intensity exercise following 2 weeks adaptation to a high fat diet. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1994 ;69(4):287-93.

Lambert E. et al. High-fat diet versus Habitual Diet prior to carbohydrate loading: Effects on Exercise Metabolism and Cycling performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2001; 11, 209-225.

Langfort J. et al. The effect of a low-carbohydrate diet on performance, hormonal and metabolic responses to a 30-s bout of supramaximal exercise. *Eur J Appl Physiol*. 1997; 76: 128-133

Lindeberg. A Paleolithic Diet Is More Satiating Per Calorie Than a Mediterranean Diet in Individuals with Ischemic Heart Disease. *Nutrition Metabolism*. 2010; 7.

Little JP. et al. Effect of low- and high-glycemic-index meals on metabolism and performance during high-intensity, intermittent exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2010; 20(6):447-56.

Maughan R. et al. Diet composition and the performance of high-intensity exercise. *Journal of Sports Sciences*, 1997, 15, 265-275

McNight C. 2013. Paleo Diet for Crossfit. Extraído de la web Livestrong [20 febrero 2015]

Mitchell J. The effect of preexercise carbohydrate status on resistance exercise performance. *International Journal of Sport Nutrition*. 1997; 7, 185-196.

Newby, P K, et al. Intake of Whole Grains, Refined Grains, and Cereal Fiber Measured with 7 d Diet Records and Associations with Risk Factors for Chronic Disease. *The*

American Journal of Clinical Nutrition 2007; 86, no.6:1745–1753.

Nevill ME. Effect of diet on performance during recovery from intermittent sprint exercise. J Sports Sci. 1993;11(2):119-26

O’Keefe, J., Jr, y Cordain L. Cardiovascular Disease Resulting from a Diet And Lifestyle at Odds with Our Paleolithic Genome: How to Become a 21st century HunterYgatherer. Mayo Clinic Proceedings. 2004; 79,no.1. 101–108

Lima-Silva A. Low carbohydrate diet affects the oxygen uptake on-kinetics and rating of perceived exertion in high intensity exercise. Psychophysiology, 48. 2011; 277–284.

Lima-Silva et. Al. Effect of carbohydrate availability on time to exhaustion in exercise performed at two different intensities. Braz ilian Journal of Medical and Biological Research. 2009; 42: 404-412

Österdahl M., Koçturk T., Koochek A. y Wändell PE. Effects of a short-term intervention with a paleolithic diet in healthy volunteers. European Journal of Clinical Nutrition. 2008; 62, 682–685

Paine, J., Uptgraft, J., Wylie, R. Crossfit study. CrossFit J. 2010; 1-60.

Paoli A., et al. Ketogenic diet does not affect strength performance in elite artistic gymnasts. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2012; 9:34

Punder K. Y Pruiomboom M. The Dietary Intake of Wheat and other Cereal Grains and Their Role in Inflammation. Nutrients. 2013; 5, 771-787.

Rhyu, H., Cho S., Roh H. The effects of ketogenic diet on oxidative stress and antioxidative capacity markers of Taekwondo athletes. Journal of Exercise Rehabilitation. 2014;10(6):362-366

Rockwell y cols,. Effects of muscle glycogen on performance of repeated sprints and mechanisms of fatigue. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2003;13(1):1-14.

Earle R. Y Baechle T. Manual NSCA. Fundamentos del entrenamiento personal. Ed. Paidotribo; 2008

Souglis A. Et al. The effect of high vs. Low carbohydrate diets on distances covered in soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2013; Vol 27; n.8.

Shaun, P. Carbohydrate Supplementation and Prolonged Intermittent High-Intensity Exercise in Adolescents. *Sports Med* 2012; 42 (10): 817-828

Smith, M.M., Sommer, A.J., Starkoff, B.E., Devor, S.T. CrossFit-based high intensity power training improves maximal aerobic fitness and body composition. *J Strength Cond Res*. 2013; 27(11), 3159-3172.

Tabata, I., et al. Metabolic profile of high intensity intermittent exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1997; 29(3), 390-395

Tipton KD et al. Timing of amino acid-carbohydrate ingestion alters anabolic response of muscle to resistance exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2001; 281(2):E197-206.



Tabla 1. Estudios que comparan el efecto de la alta ingesta de hidratos de carbono (AIHC) y la ingesta moderada de hidratos de carbono (MIHC) sobre las adaptaciones al entrenamiento y el rendimiento de deportistas (*algunos extraídos de Burke, 2009*)

Estudio	Participantes	Características estudio	Ingesta de HC (g/kg/día)	Efecto sobre el glucógeno muscular	Protocolo de desempeño	Ventaja en el rendimiento con AIHC
Costill, Flynn y cols 1988	Nadadores muy entrenados (universitarios) (12V)	10 participantes autoseleccionados en 2 grupos según la dieta (8AIHC y 4MIHC)	8,2 frente a 5,3	Disminución en el grupo de MIHC. Mantenimiento en el grupo de AIHC.	Entrenamiento doble del programa habitual de entrenamiento 1,5 h/día. Batería de rendimiento potencia (banco de nado), 2 nado estilo libre 25 metros con intervalos de 2-3 min de recuperación, VO2 máx en piscina, eficiencia de nado a ritmo submáximo	No para el rendimiento final. No hubo diferencia en el nado sobre 25 m, la potencia de nado, VO2máx a lo largo del ensayo y entre grupos. Sin embargo, la eficiencia de la brazada se redujo en el MIHC. Sí para el rendimiento en el entrenamiento. El grupo de MIHC informó cansancio crónico durante el programa.
Lamb y cols. 1990	Nadadores muy entrenados (universitarios) (14 V)	9 días. Estudio de diseño cruzado	12,1 frente a 6,5	NA	2x sesiones diarias de entrenamiento: intervalos sobre una variedad de distancias+1500 m y 3000 m cronometrados en la sesión vespertina durante los últimos 5 días.	No. No hubo diferencia en los tiempos promedio de nado a lo largo de las distancias entre dietas.
Kirwan y cols 1988	Corredores muy entrenados (10V)	5 días. Estudio de diseño cruzado	8,0 frente a 3,9	Disminución ambos grupos pero mayor reducción el de MIHC	El entrenamiento aumentó un 150% por 5 días. Economía evaluada sobre tapiz rodante a dos velocidades en los días 4 y 6. Ayuno nocturno.	Sí. Reducción en la economía de carrera con MIHC.
Sherman y cols. 1993	Corredores entrenados (9V+9M)	7 Diseño experimental-placebo	10 frente a 5	Disminución en el grupo de mihc. Mantenimiento en el grupo AIHC	2x tiempo hasta el agotamiento sobre tapiz rodante al 80% del VO2 máx con un período de recuperación de 5 min. Ensayos realizados al final del día después de una hora de entrenamiento.	No. No hubo diferencia entre grupos durante cada carrera. Tiempo total= 613 +/- 36 s y 560+/-106 s para MIHC y AIHC respectivamente, NS.
Achten y cols 2004	Corredores muy entrenados (7V)	4 días + entrenamiento intensificado. Estudio de diseño cruzado.	8,5 frente a 5,4	Disminución en la utilización durante las sesiones de entrenamiento al 58% y al 77% del VO2 máx durante el ensayo en comparación con el de AIHC	Precarga + PC de 8 km sobre tapiz rodante en los días 1, 5, 8 y 11. PC de calle de 16km en los días 6,7,9 y 10. Ayuno nocturno	Sí. El entrenamiento intensificado llevo al deterioro de la PC de 8 km en 61 s en la AIHC y 155 s en la MIHC, y deterioro en la PC de 16km en MIHC solamente. La AIHC redujo los síntomas del overreaching durante el entrenamiento intensificado en comparación a la MIHC pero no lo pudo prevenir.

Estudio	Participantes	Características estudio	Ingesta de HC (g/kg/día)	Efecto sobre el glucógeno muscular	Protocolo de desempeño	Ventaja en el rendimiento con AIHC
Simonsen y cols. 1991	Remeros (universitarios) muy entrenados (12V, 10M)	28 días. Diseño experimental-placebo	10 vs. 5	MIHC permitió mantener los depósitos de glucógeno muscular, mientras que la AIHC permitió un aumento de los depósitos	PC de 3x2500 m en remoergómetro con un intervalos de 8 min de recuperación realizada en los días 1,3 y 5 de cada semana. Los ensayos se realizaron en el entrenamiento de la tarde.	Si. Se mantuvo el desarrollo de potencia durante la PC en remoergómetro con MIHC que llevó a una mejoría global del 1,6% después de 4 semanas. Mejorías en el desarrollo de potencia en AIHC a lo largo del mismo período=10,7%.
Sherman y cols. 1993	Ciclistas entrenados (9V+9M)	7 días. Experimental-placebo.	10 vs. 5	Disminución de MIHC. Mantenimiento en la AIHC.	2x tiempo hasta el agotamiento en el cicloergómetro al 80 % del VO2 máx con un período de recuperación de 5 min. Los ensayos se realizaron al final de día después de 1h de entrenamiento.	No. No hubo diferencias entre los grupos en la resistencia durante las pruebas. Tiempo total= 550 +/- 85 s. Y 613 +/-45s para MIHC y AIHC respectivamente.
Vogt y cols 2003	Biatletas muy entrenados (11V)	35 días. Diseño cruzado.	6,9 vs 3,6	Mantenimiento en ambas dietas	PC de ciclismo al VO2 máx después de una precarga progresiva submáxima; 21 km de carrera a pie al exterior (llevado a cabo en días separados) Los ensayos se realizaron después de la comida (la composición de la comida varió con el tratamiento dietario.	No. No hubo diferencias entre los grupos en la capacidad aeróbica, la PC de potencia de ciclismo o la media maratón entre las dietas (p.ej. 21 km de carrera a pie= 80 min 12 s +/- 86s y 80min 24s +/- 82s para AIHC y MIHC)
Lima-Silva y cols 2009	6 Varones físicamente activos	3 días	80% vs. 10%	NA	Ejercicio de alta intensidad hasta la fatiga en un test de control. Tras ello, un protocolo de ejercicio para vaciar los depósitos de glucógeno y 48 horas de dieta. Tras ello el retest.	Sí. La dieta baja en hidratos de carbono afectó al VO2 más y a la media de RPE.
Lima-Silva y cols 2011	7 varones físicamente activos	3 días	65% vs. 10%	NA	Tras un protocolo de ejercicio para conseguir depleción de glucógeno se somete a cuatro condiciones: MIHC y ejercicio moderado o ejercicio intenso, BIHC y ejercicio moderado o intenso	Sí., en el ejercicio de alta intensidad. Con la dieta BIHC el tiempo hasta la fatiga disminuyó. La media de la oxidación de carbohidratos, el ratio del cociente respiratorio y la concentración de lactato en sangre fueron menores

Tabla 2. Estudios que comparan el efecto de diferentes tipos de dietas sobre las adaptaciones al entrenamiento y el rendimiento de deportistas. Ejercicio intermitente de alta intensidad.

Estudio	Participantes	Características estudio	Ingesta de HC	Efecto sobre el glucógeno muscular	Protocolo de desempeño	Diferencias en el rendimiento
Langhfort y cols, 1997	8 sujetos sanos. Estudio de diseño cruzado.	4 días	50% vs. 5%	NA	Tras 3 días siguiendo una dieta mixta vs. una dieta baja en HC, se realizó el test Wingate en bicicleta.	Menor potencia de trabajo en el grupo de BIHC sin cambios en la potencia máxima. También disminuyó la concentración de ácido láctico quizá por la disminución de la glucólisis.
Balsom y cols (1999)	7 sujetos varones.	2 días. Estudio de diseño cruzado.	BIHC vs. AIHC	Mayor glucógeno en vasto lateral en grupo AIHC	Llevaron un régimen de dieta y ejercicio para disminuir y mantener bajos los depósitos de glucógeno o disminuir y aumentar, durante 48 horas y tras ello realizaron un protocolo de 10 y 30 minutos de sprint de 6 s con 30 s entre ellos.	El número total de sprint completados fue mayor en el grupo AIHC. En el punto de fatiga la concentración de glucógeno fue menor en el grupo BIHC.
Rockwell y cols, 2003	8 sujetos.	Estudio de diseño cruzado.	BIHC vs. AIHC	Menores niveles de glucógeno muscular en BIHC. Disminución similar en ambos grupos con el ejercicio.	Realizaron 2 sprints de 60 s en bicicleta tras seguir dos dietas diferentes.	No. No hubo diferencias en el glucógeno muscular, fosfocreatina ni función del retículo sarcoplasmático.
Bangsbo y cols, 1992	7 jugadores de fútbol profesionales	2 días. Estudio de diseño cruzado.	39% vs 65%	NA	La prueba consistió en medir la carrera en campo y después una prueba en cinta realizado dos veces, tras seguir una dieta MICH o AIHC.	Sí. No hay diferencias en el nivel de lactato en sangre ni concentración de glucosa pero la distancia recorrida fue mayor en el grupo AIHC.
Akermark y cols. 1996	2 equipos de hockey sobre hielo	3 días. Estudio de diseño cruzado.	MICH vs. AIHC	Mayor en el grupo AIHC antes del segundo partido y similar tras el partido	Uno de los equipos siguió una dieta mixta y el otro una enriquecida en carbohidratos tras haber realizado un partido. Tras ello se midieron los niveles de glucógeno antes y después del segundo partido	Sí. La distancia recorrida, el número de carreras y el tiempo total fueron mayores en el grupo AIHC, concluyendo que las diferencias de rendimiento podrían estar relacionadas con el metabolismo del glucógeno.
Souglis y cols (2013)	22 jugadores de fútbol profesionales	2 semanas. Estudio de diseño cruzado.	8 g. CH/KG vs 3g HC/kg	NA	3,5 días previos al partido un equipo siguió una dieta AIHC y el otro una BIHC. Tras una semana se cambiaron	Sí. Las distancia total recorrida por cada jugador así como las distancias cubiertas tanto a ritmo lento como sprint fueron mayores en

					las dietas con el mismo protocolo.	el grupo AIHC. El grupo AIHC ganó el partido en ambos casos.
Fulcher y Williams, 1992		2 días	MIHC (450+/-225g) vs. BIHC (71+/-27g=10%)	NA	Un protocolo realizado antes y después de seguir la dieta, 5 sets de 5 sprints con 30 segundos de recuperación y descansos de 5 min entre series. 10x6s sprint con 30 s.	Sí. En el grupo MIHC se observó una mejora en el segundo test con respecto al primero.
Jenkins y cols, 1993	14 individuos moderadamente entrenados	3 días	83%vs. 58% vs. 14%	NA	2 test de ejercicio intermitente separados por 3 días. 5x60 s en bicicleta a máxima intensidad con 5 min de recuperación.	Sí. El rendimiento tras BIHC fue menor que en las otras dos condiciones.
Nevill, 1993	9 hombres y 9 mujeres deportistas	2 días	79% vs. 47% vs. 12%	NA	Test de 60 min de duración: 30 6-sprint a máxima intensidad en cinta, precedidos de 60 s de carrera suave y seguidos de 54 s caminando. 24 h después repiten el protocolo tras haber seguido dietas diferentes.	Se vieron diferencias metabólicas y de rendimiento en la segunda prueba con respecto a la primera en los tres grupos. Sólo comparando el rendimiento en los 9 primeros sprints se observa menor potencia en el grupo BIHC con respecto al grupo AIHC.
Lambert y cols, 1991).	5 ciclistas	2 semanas. Estudio de diseño cruzado.	7% HC y 70% G (AIG) vs. 74% HC y 12%G (AIHC)	Mayor al inicio de las pruebas en el grupo AIG	Realizaron un protocolo de ejercicio de alta intensidad y uno de intensidad moderada siguiendo una dieta y se repitió siguiendo la otra.	En el ejercicio de alta intensidad no hubo diferencias en el rendimiento. En el ejercicio de intensidad moderada el tiempo hasta el agotamiento fue mayor en la condición AIG. Se asoció a un menor cociente respiratorio y a una disminución en la tasa de oxidación de carbohidratos.
Paoli et al (2012)	8 deportistas de élite de gimnasia artística	2 meses. Estudio de diseño cruzado.	Dieta cetogénica muy baja en hidratos de carbono vs. dieta occidental.	NA	Se midió la composición corporal y varios aspectos del rendimiento antes y después de seguir durante 30 días una dieta cetogénica modificada y antes y después de seguir una dieta típica occidental.	No. No se observaron diferencias de rendimiento. Se redujo el peso corporal y la masa grasa tras la dieta cetogénica.
Rhyou, Cho y Rho (2014)	18 taekwondistas de entre 15 y 18 años	3 semanas	Dieta cetogénica (55% L, 40.7% P, and 4.3% HC) vs. dieta no cetogénica (30%L, 30%P, and 40%HC)	NA	Se midió la composición corporal y marcadores de estrés oxidativo y capacidad antioxidante	No hubo diferencias entre los grupos en la composición corporal, ROS y SOD. En el grupo DC se mostró un nivel elevado de HDL y en el grupo DNC un nivel elevado de LDL y MDA.

Tabla 3. Estudios que comparan el efecto de diferentes tipos de dietas sobre las adaptaciones al entrenamiento y el rendimiento de deportistas. Ejercicio de fuerza.

Estudio	Participantes	Características estudio	Ingesta de HC	Efecto sobre el glucógeno muscular	Protocolo de desempeño	Diferencias en el rendimiento
Haff y cols, 1999	6 hombres que pudiesen realizar un squat con el 150% de su peso como mínimo.	2 semanas. Diseño experimental-placebo.	Dieta mixta igual entre grupos. Suplemento HC antes y durante ambas pruebas (0,3 g/kg) vs.placebo	NA	La sesión matinal se utilizó para la depleción del glucógeno. En la sesión de tarde se realizaron sets de squat al 55% con una cadencia de uno cada 6 s, con recuperación de 3 min entre series, hasta el agotamiento	Si. El número de sets, las repeticiones y la duración fueron mayores en el grupo con suplementación
Borsheim y cols., 2004	2 grupos de 8 sujetos	1 día	Bebida con 100g HC vs. placebo una hora después del ejercicio.	NA	Ejercicio de fuerza: 10 sets de 8 repeticiones de press de pierna al 80% de 1RM.	Se observó un aumento de la concentración de insulina arterial y ligera caída de la fenilalanina en el grupo con suplementación, sin cambios en el placebo. El equilibrio entre la síntesis y degradación de la proteína muscular mejoró en el grupo con suplementación.
Hatfield DL, 2006	8 hombres sanos	2 semanas. Diseño cruzado.	Dieta AHC (6,5g/kg) vs.dieta MHC (4,4 g.)	NA	Ejercicio de fuerza resistencia: rendimiento en saltos de squat máximos.	No hay diferencias en el rendimiento siguiendo dietas altas o moderadas de hidratos de carbono. concluyen que no es necesario un alto consumo en HC para optimizar el rendimiento en fuerza resistencia cuando es el primer ejercicio.
Batty JJ, 2007	34 sujetos	2 días. Doble ciego.	Bebida con CHO-PRO (6.2% y 1.5%) vs. placebo antes durante y después del ejercicio.	NA	Ejercicio de fuerza: 3 sets de 8 repeticiones a su 8RM hasta fatiga voluntaria.	El suplemento no mejoró el rendimiento pero parece que redujo el daño y dolor muscular (diferencias en mioglobina y creatinquinasa). El cortisol fue significativamente más alto en el grupo de placebo 24 horas post-ejercicio.
Kulik JR y cols, 2008	6 hombres entrenados de fuerza.	1 semana. Diseño experimental-placebo. Aleatorio,	Suplemento 0.3g/kg CHO vs. placebo antes del ejercicio y tras cada serie.	NA	Ejercicio de fuerza: series de 5 repeticiones al 85% de 1RM, hasta el agotamiento.	No hubo diferencias de rendimiento significativas entre las dos condiciones.

		contrabalanceado, doble ciego.				
Mitchell y cols, 1997.	11 hombres entrenados	1 semana. Estudio de diseño cruzado.	Dieta alta en HC (7,6 g/kg) vs. baja (0,37)	NA	Ejercicio de fuerza: 5 series de ejercicios de pierna diversos al 15 RM hasta el fallo. Previamente depleción de glucógeno.	No hubo diferencia en el rendimiento. Diferencias en glucosa y similaridad en respuesta al lactato.